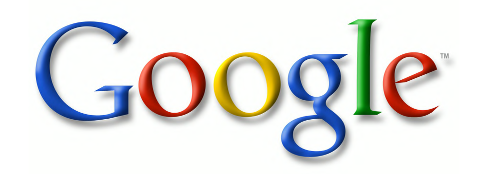


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

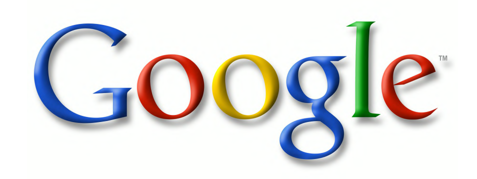
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`





G.126. J. 23.

E. BIBL. RADCL.

~~10. C. 27~~

C





PRINCIPES

DE

CHIMIE BIOLOGIQUE

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH.

PRINCIPES

DE

CHIMIE BIOLOGIQUE

PAR LE

Dr ERN. HARDY

Avec figures dans le texte
et une planche chromolithographiée représentant l'analyse
spectrale du sang

PARIS
F. SAVY, LIBRAIRE-ÉDITEUR
24, RUE HAUTEFEUILLE, 24

1871

Tous droits réservés

AVANT-PROPOS

Les observations et les découvertes dont la chimie biologique s'est enrichie depuis plusieurs années, ne se trouvent réunies en corps de doctrine dans aucun traité élémentaire. L'ouvrage que nous publions a pour but de combler cette lacune. Nous nous sommes efforcé d'exposer dans un cadre restreint les recherches modernes touchant la composition chimique des tissus et des liquides de l'organisme, les méthodes nouvelles qu'elles fournissent pour en doser les éléments principaux, les données particulières à l'aide desquelles on peut reconnaître les substances qui se rencontrent le plus habituellement dans la pratique journalière ; enfin nous avons cherché à résumer les théories qui permettent de coordonner les faits et de parvenir à les interpréter.

Les organes vivants sont le lieu d'incessantes réactions d'ordres divers, et souvent très-complexes. Analysées dans leurs détails, ces réactions se rapportent à des phénomènes chimiques modifiés par les milieux où ils se manifestent ; de là des transformations spéciales, et la production de principes nouveaux. Quel que soit l'intérêt qui se rattache à la découverte de leurs propriétés, ces substances sont encore mal connues ; elles ne sont point classées, et se trouvent rejetées au second plan dans le cadre des traités ordinaires.

Il ne saurait en être de même en chimie biologique. Ces substances y tiennent le premier rang, et servent de point de départ à toutes les études ; elles en sont donc la partie la plus importante. En effet si l'on parvenait à fixer d'une manière précise la nature et la composition des matières albuminoïdes et de leurs dérivés, on constituerait la science sur une base vraiment scientifique. Mais aujourd'hui on est obligé de tenir compte des incertitudes et des *desiderata* qu'elles laissent encore après elles. C'est cette considération qui nous a engagé à adopter dans cet ouvrage un ordre plutôt physiologique que chimique.

Conçu dans cet esprit, notre plan offre les divisions suivantes :

Généralités sur les réactions qui se passent chez les êtres vivants et sur les substances qui entrent dans la composition des organes;

Phénomènes destinés à produire l'assimilation et à concourir à la formation de la trame organique;

Examen de la composition des tissus;

Étude des métamorphoses régressives qui se passent dans les sécrétions et excrétions;

Recherches chimiques entreprises sur quelques produits qui dépendent de la fonction de reproduction.

Il nous a semblé préférable d'exposer les propriétés générales de chaque corps en traitant des fonctions dans lesquelles chacun d'eux joue particulièrement un rôle important. Cette méthode a l'avantage d'éviter les répétitions : sans doute elle disjoint l'étude de corps analogues, mais cette disjonction est sans inconvénient en présence d'éléments appartenant presque tous à des corps non sériés.

Limitant la chimie à ses rapports biologiques, nous l'avons surtout envisagée dans ses applica-

tions, sans nous arrêter aux questions de science pure.

Autant que possible nous avons cité les analyses qui présentent le plus de garantie d'exactitude. Les formules ont été écrites avec les nouveaux poids atomiques.

Malgré l'étendue de nos recherches, la discussion d'un grand nombre d'analyses et de vues théoriques, malgré nos études et nos expériences personnelles, nous sentons combien cet ouvrage est encore imparfait et laisse à désirer. Dans ce sentiment profond d'insuffisance, nous prions le lecteur de vouloir bien tenir compte des difficultés de la matière et de nos efforts pour les surmonter.

E. H.

PRINCIPES

DE

CHIMIE BIOLOGIQUE

INTRODUCTION

La chimie biologique est une science récente. Destinée à reconnaître la nature et la transformation des substances les plus compliquées, elle ne pouvait se développer qu'à la suite des progrès de la physique et de la chimie générale. Cependant, vers la fin du seizième siècle, van Helmont, Sylvius de le Boé, Henri Willis, et l'école des médecins chimiatres, rompant avec les anciennes théories, regardèrent les phénomènes de la vie, l'existence de la chaleur animale comme résultats directs d'actions chimiques. Antérieurement, Cardan, Scaliger, Césalpin avaient établi que certains métaux chauffés dans l'air augmentent de poids. De ces faits, Jean Rey tira la conclusion que l'air est un

corps pesant, capable de céder aux métaux des molécules pesantes, qui, par leur addition, augmentent nécessairement le poids primitif de ces métaux. Robert Mayow, en 1774, alla plus loin encore. Après une série d'expériences bien conduites, il admit dans l'air la présence d'un esprit nitro-aérien (*spiritus nitro aerius*), ayant la puissance d'alimenter le feu, et pensa judicieusement que ce même esprit devait pouvoir entretenir la respiration. Il reconnut que ce principe n'existe pas seul dans la composition de l'atmosphère. Il découvrit l'existence d'un esprit doué de propriétés tout opposées, l'esprit du nitre (*spiritus nitro acidus*), lequel, loin d'entretenir la vie et la flamme, n'est propre qu'à les éteindre.

Bernouilli confirma ces expériences, en constatant que les premières bulles de gaz dégagées lors de l'ébullition de l'eau, ont les propriétés de l'air atmosphérique, et que l'absence de cet air empêche les poissons de vivre dans l'eau bouillie.

Cependant ces doctrines, qui avaient eu d'habiles sectateurs, furent successivement abandonnées. Les chimiatres eurent le mérite de reconnaître quelques faits véritables, mais en voulant expliquer tous les phénomènes de la vie par les notions d'une science encore imparfaite, ils n'aboutirent en définitive qu'à des essais infructueux. Leur tentative était prématurée, et leurs théories sont tombées dans un juste oubli. Les écoles médicales qui succédèrent changèrent de méthode et se lancèrent dans des abstractions qui leur firent perdre la voie des découvertes fécondes.

La chimie proprement dite, réunie une première fois par Stahl en corps de doctrine, se constitua de plus en plus comme science positive. En 1774, Priestley découvrit un gaz propre à entretenir la combustion ; Lavoisier démontra que ce gaz existe dans l'air, et le nomma oxygène. Il établit la doctrine de la combustion et posa les fondements d'une vraie théorie de la chaleur animale ; ses doctrines furent confirmées par les recherches calorimétriques de Despretz, de Dulong et de M. Regnault. Lavoisier introduisit la balance dans l'étude des phénomènes chimiques ; il démontra l'indestructibilité de la matière. Les forces qui réagissent sur elle la modifient de toute manière sans pouvoir jamais l'anéantir. Les actions chimiques n'amènent que des transformations dans l'arrangement des atomes et des molécules, et les réactions se traduisent toujours en une égalité entre le poids des substances réagissantes et celui des produits dérivés.

Plus récemment, sous le nom de théorie mécanique de la chaleur, un nouveau principe s'est fait jour dans la science. Les découvertes de Meyer, les travaux de Joule, de Clausius, de Hirn et de la plupart des physiciens modernes ont prouvé que les forces ne peuvent se détruire ; qu'elles se transforment les unes dans les autres sans jamais disparaître, et que la quantité d'énergie répandue dans l'univers demeure invariable sous des manifestations diverses.

Ces grands principes de Lavoisier et de Meyer sont aussi vrais chez les êtres vivants qu'au sein du règne inorganique. La chimie biologique les prend pour guide

dans l'interprétation de phénomènes restés longtemps obscurs. Elle reçoit de la physique les résultats qui se rapportent à la conservation de la force. Elle demande à la physiologie et à la médecine clinique une aide efficace ; elle s'appuie sur les données que ces sciences lui fournissent, pour étendre son propre domaine et aborder l'étude de la transformation de la matière dans les organes vivants.

CHAPITRE PREMIER

DES RÉACTIONS QUI SE PASSENT CHEZ LES ÊTRES VIVANTS

Les êtres organisés sont formés d'un petit nombre d'éléments : carbone, hydrogène, azote, phosphore, soufre et quelques métaux, combinés entre eux sous des états assez variés pour donner naissance à l'immense quantité de substances qui se rencontrent dans le monde organique, et aux composés plus nombreux encore qui sont le résultat de combinaisons artificielles.

La nature les fabrique de toutes pièces par la réduction des combinaisons minérales les plus simples : l'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque. Ces réductions se passent surtout dans les organes des plantes, sous l'influence de la chaleur solaire. Parallèlement à ces réactions qui élèvent les molécules dans les séries organiques, il y a des oxydations qui les dédoublent et donnent naissance à de nombreux corps dérivés, et en dernier lieu les ramènent à l'état d'eau, d'acide

carbonique et d'azote, c'est-à-dire les rendent à leur état primitif.

Ce travail d'oxydation se passe surtout dans les tissus des animaux. Le règne végétal et le règne animal remplissent donc dans la nature deux fonctions complétement opposées : l'une complique la molécule organique ; l'autre en simplifie la composition.

La synthèse du plus grand nombre de ces produits naturels est encore à faire. La chimie moderne est parvenue à en reconstituer quelques-uns. Elle les reproduit en partant des composés plus simples pour arriver aux corps plus compliqués. Elle suit dans cette voie une marche semblable à celle qui se passe dans les organes vivants, où tout est progressif et rien instantané, où les substances se compliquent et se simplifient par suite de métamorphoses successives.

Les réactions qui s'effectuent dans les organes vivants, comme celles qui se produisent dans les laboratoires, peuvent se classer sous plusieurs groupes.

Réductions.
Oxydations.
Dédoublements et complications.
Fermentations.

Les substances qui entrent dans la composition des tissus sont souvent isomères. L'isomérie présente plusieurs variétés dont quelques-unes intéressent la chimie biologique. Ces rapports seront brièvement décrits à la suite des considérations générales sur les réactions qui se passent dans l'organisme.

RÉDUCTIONS

Les phénomènes de réduction sont l'attribut du règne végétal. Les éléments minéraux, contenus dans l'air et dans le sol, à l'état d'eau, d'acide carbonique, d'ammoniaque, sont décomposés et assimilés. Ils deviennent alors produits organiques et entrent dans la composition de corps d'une formule plus ou moins compliquée.

La réduction de l'acide carbonique a lieu dans les feuilles, phénomène commun à toutes les plantes, soit qu'elles aient la vie aérienne, soit qu'elles végètent sous les eaux. Cette réduction s'opère par l'influence de la lumière solaire et forme la respiration des plantes. Les feuilles exposées au soleil décomposent l'acide carbonique de l'air, fixent le carbone et dégagent l'oxygène; celles des plantes submergées agissent d'une manière semblable sur l'acide carbonique dissous dans l'eau.

Cette action réductrice a seulement lieu pendant le jour par l'influence de la lumière directe, surtout par celle des rayons jaunes et verts. Elle s'accomplit aussi à la lumière diffuse, mais avec moins d'énergie, et s'arrête complétement dans l'obscurité. Bien plus, durant la nuit, les plantes ont une action complétement inverse ; elles exhalent de l'acide carbonique et absorbent de l'oxygène ; elles oxydent une partie de leur propre substance. Mais entre ces phénomènes de réduction et d'oxydation, la balance n'est pas égale. La

quantité d'oxygène dégagée pendant le jour est beaucoup plus considérable que la proportion d'acide carbonique éliminée pendant la nuit.

La présence de l'acide carbonique dans l'atmosphère ambiante est nécessaire à la vie et au développement des plantes. Elles périssent s'il vient à manquer, même lorsqu'elles sont plongées dans un air riche en oxygène ou même dans l'oxygène pur.

L'observation directe démontre que les feuilles absorbent le carbone contenu dans l'air. Une plante peut croître dans l'eau, pourvu que ses feuilles plongent dans une atmosphère contenant de l'acide carbonique.

Une partie du carbone fixé par les végétaux pénètre aussi par les racines, à l'état d'acide carbonique en dissolution dans l'eau. Il subit les mêmes métamorphoses que celui qui vient de l'atmosphère.

La quantité de carbone fixé par la réduction de l'acide carbonique ne suffit pas pour expliquer l'augmentation de poids d'une plante qui se développe. L'eau entre aussi en réaction : elle se fixe en partie sans se modifier, en partie en subissant des décompositions diverses d'où résulte une production d'hydrogène qui se combine aussitôt en proportion variée avec le carbone et les autres éléments destinés à entrer dans le tissu du végétal, tandis que l'excès d'oxygène se dégage.

Comment s'opèrent ces réductions? Y a-t-il création immédiate d'éléments complexes, ou la matière forme-t-elle d'abord des composés simples qui arri-

vent par une série de transformations à l'état de corps d'une composition plus élevée ? On est obligé de recourir à l'hypothèse pour résoudre cette question. Il est probable cependant que les réductions sont progressives, qu'elles ont lieu comme celles que les chimistes exécutent dans le laboratoire, qu'elles passent par une série d'intermédiaires plus simples avant d'arriver à produire des substances d'une composition compliquée.

L'analyse permet, en effet, de reconnaître dans le tissu des organes la présence simultanée ou successive de ces diverses substances.

L'azote se fixe dans les organes des végétaux par la réduction de l'ammoniaque et de l'acide azotique. Ces matières se dissolvent dans l'eau, pénètrent par les racines et arrivent dans le tissu végétal ; elles subissent alors des modifications diverses desquelles résulte la formation des corps azotés. D'après quelques théories, l'azote libre peut être absorbé directement par les plantes sans passer par l'état de combinaison.

Le soufre provient des sulfures, qui résultent eux-mêmes de la réduction des sulfates répandus dans le sol. Ils suivent également la séve dans son trajet ascendant.

OXYDATIONS

Les phénomènes d'oxydation se rencontrent chez tous les êtres organisés. Les plantes abandonnées dans l'obscurité dégagent de l'acide carbonique. Peut-être

cependant n'y a-t-il pas là oxydation proprement dite, mais seulement — par un simple effet d'endosmose — élimination de l'acide carbonique absorbé sous l'influence de la lumière et non encore décomposé. Les oxydations sont beaucoup plus marquées dans les végétaux pendant la floraison, le développement de la graine et la germination. Elles sont surtout un des attributs des phénomènes de nutrition dans le règne animal.

Les animaux herbivores emploient comme aliments les matières préparées par les plantes. Ces substances deviennent solubles pendant l'acte de la digestion, et sont brûlées plus tard sous l'influence de l'oxygène introduit par la respiration dans le système circulatoire.

Les carnivores oxydent également les matières créées dans le règne végétal, mais modifiées une première fois dans les organes des herbivores et rendues plus assimilables. Ils les transforment en éléments plus simples par de nouvelles oxydations. Ces changements moléculaires s'accompagnent d'un dégagement de chaleur qui donne aux animaux leur température propre.

DÉDOUBLEMENTS ET COMPLICATIONS

On comprend sous le nom de dédoublement la séparation des matières organiques en deux composés binaires, dont la somme représente la matière primi-

tive elle-même, quelquefois accrue ou diminuée des éléments de l'eau.

Ces réactions, extrêmement nombreuses en chimie, se produisent par la déshydratation d'un principe simple, l'élimination d'un hydracide ou le dédoublement d'un principe complexe avec formation d'un acide, d'un carbure d'hydrogène, d'un alcali, d'un aldéhyde, d'un phénol, etc.

Par exemple, l'action de la chaleur dédouble l'iséthionate d'ammoniaque et donne naissance à de la taurine.

$$\left.\begin{matrix} H \\ (C^2H^4SO^2)'' \\ AzH^4 \end{matrix}\right\} O^2 = H^2O + \left.\begin{matrix} [(C^2H^4SO^2)'' - HO]' \\ H \\ H \end{matrix}\right\} Az$$

Iséthionate d'ammoniaque. Taurine.

Les transformations qui se passent dans le foie et certaines fermentations peuvent être considérées comme des dédoublements.

Par une réaction inverse, les matières organiques se compliquent quelquefois en traversant l'organisme, c'est ainsi que l'acide benzoïque ingéré dans l'estomac, se retrouve dans l'urine à l'état d'acide hippurique, c'est-à-dire uni aux éléments du glycocolle.

$$C^7H^6O^2 + C^2H^5AzO^2 = C^9H^9AzO^3 + H^2O$$

Acide benzoïque. Glycocolle. Acide hippurique.

L'acide toluique, l'acide cuminique, homologues supérieurs de l'acide benzoïque subissent dans l'écono-

mie une complication analogue et se transforment en homologues de l'acide hippurique.

L'acide benzoïque $C^7 H^6 O^2$ se convertit en $C^9 H^9 AzO^3$ acide hippurique
— toluique $C^8 H^8 O^2$ — $C^{10} H^{11} AzO^3$ — toluique
— cuminiq. $C^{10} H^{12} O^2$ — $C^{12} H^{15} AzO^3$ — cuminurique

FERMENTATIONS

Les fermentations sont les décompositions chimiques qu'éprouvent un grand nombre de matières organiques sous l'influence de certains agents, qui ne paraissent point intervenir directement par leur propre substance, mais déterminer par leur présence un mouvement moléculaire dans le corps qui doit se modifier. Toutes exigent le concours de deux matières, l'une fermentescible, l'autre azotée ; cette dernière est le ferment.

On a cru longtemps pouvoir rapporter lès fermentations aux actions de contact. On y voyait des décompositions pareilles à celles de l'eau oxygénée par le peroxyde de manganèse, qui en expulse l'oxygène sans éprouver lui-même une modification appréciable. Brodie a montré que l'inaction du peroxyde de manganèse n'est qu'apparente ; qu'en réalité elle s'accompagne de décompositions et de recompositions successives. Il en est de même des réactions de certains acides minéraux sur les produits organiques et de leur action dans diverses éthérifications. L'amidon, par exemple, se modifie sous l'influence de l'acide sulfurique et de la chaleur pour se

transformer en dextrine, puis en glucose. L'acide se retrouve ensuite inaltéré, mais on sait aujourd'hui que son rôle n'est pas purement passif.

Les substances fermentescibles subissent, sous l'influence des ferments, des métamorphoses de diverses natures. Elles éprouvent des dédoublements, des hydratations, des déshydratations, des transformations isomériques, des phénomènes d'oxydation. Ces résultats servent à classer et à réunir les fermentations en groupes distincts.

Ferments. — Les ferments sont de deux ordres. Les uns sont produits par des matières azotées solubles, qui, abandonnées au contact de l'air, éprouvent une altération particulière de nature inconnue, laquelle leur donne les caractères d'un ferment, c'est-à-dire la propriété d'agir ensuite par simple contact avec les matières fermentescibles.

Les autres sont organisés et doivent être regardés comme des êtres vivants, doués de mouvements, appartenant soit au règne animal, soit au règne végétal, et accomplissant des fonctions physiologiques qui font éprouver aux substances fermentescibles des modifications spéciales.

D'après M. Pasteur, il existe une relation entre l'organisation du ferment et son action sur les matières fermentescibles. Toute fermentation nécessite la présence d'êtres organisés. Les matières albuminoïdes ne sont pas des ferments, mais sont les aliments des ferments ; les ferments sont des êtres organisés.

Les fermentations peuvent avoir lieu dans les organes des êtres vivants ou dans des milieux purement artificiels, et donner naissance aux phénomènes les plus variés. Elles s'établissent quelquefois spontanément; le ferment ou, mieux, les germes viennent de l'atmosphère et sont apportés par l'oxygène. Lorsque les substances fermentescibles sont en contact avec de l'air qui a traversé des tubes chauffés à une température assez élevée pour détruire les germes organiques, aucune fermentation ne se produit. Ces germes peuvent d'ailleurs être recueillis en faisant passer l'air dans des tubes contenant du coton poudre. Le gaz se tamise, abandonne les matières organiques qu'il entraînait avec lui, et devient à peu près inactif. Le coton, dissous ensuite dans un mélange d'alcool et d'éther, abandonne par le repos les germes qu'il avait arrêtés.

Fermentation alcoolique. — La fermentation alcoolique est une transformation qu'éprouvent les sucres sous l'influence de la levûre de bière. Elle est caractérisée par la formation d'alcool et le dégagement d'acide carbonique.

Les matières sucrées, susceptibles de subir la fermentation alcoolique par l'action de la levûre de bière, peuvent se diviser en deux groupes :

Le premier groupe comprend la glucose, la lévulose, la galactose, qui fermentent rapidement en donnant de l'alcool et de l'acide carbonique comme produits principaux de décomposition.

$$\underset{\text{Glucose.}}{C^{12}H^{24}O^{12}} = 4CO^2 + \underset{\text{Alcool.}}{4C^2H^6O^4}$$

Dans le second groupe, se trouvent d'autres matières sucrées : la saccharose, la lactose, la mélitoze, la mélezitose, la mycose ou tréhalose, qui ne fermentent qu'après avoir subi une première modification qui les transforme en glucose, en fixant les éléments de l'eau.

La levûre est formée de vésicules de $\frac{1}{100}$ de millimètre, à parois élastiques, remplies d'une liqueur visqueuse, contenant une ou plusieurs granulations agitées d'un mouvement pareil au mouvement brownien. Elle ne se colore pas en bleu par l'iode, ce qui prouve l'absence d'amidon. Elle agit surtout à la température de 20° à 25°, est à peu près inactive à 0° sans se détruire, et se décompose déjà à 50°. Elle se développe pendant la fermentation du sucre. Les globules peuvent être ensemencés directement dans un liquide qui renferme les matières propres à leur développement. Semés en quantité impondérable dans une solution de sucre pur, contenant un sel d'ammoniaque, des phosphates, ou mieux la matière minérale qui entre dans la composition de la levûre de bière, ils se développent, se multiplient tandis que la matière minérale se dissout peu à peu, et l'ammoniaque disparaît.

Les produits de la fermentation sont l'alcool et l'acide carbonique, représentant environ 9 pour 100 du sucre employé. Les 6 pour 100 restant donnent naissance à d'autres produits : glycérine, 3,6 ; acide succinique, 0,7 ; matière grasse et cellulose, 1,5.

Pendant la fermentation, l'ammoniaque se trans-

forme dans la matière complexe quaternaire qui entre dans la composition de la levûre ; les phosphates lui donnent les principes minéraux ; le sucre lui fournit le carbone ; tandis qu'une autre partie du sucre produit de la cellulose et des matières grasses. Lorsque des matières albuminoïdes se trouvent dans la dissolution, elles sont employées directement à la formation des globules de levûre.

La levûre s'accroît par bourgeonnement ; une proéminence se forme sur un ancien globule, puis bientôt elle devient elle-même globule et se détache ensuite par les mouvements du liquide.

Jamais le sucre n'éprouve la fermentation alcoolique sans que les globules de levûre ne soient présents et vivants ; et réciproquement il ne se forme pas de levûre sans qu'il y ait présence de sucre ou d'une matière hydrocarbonée, et fermentation de ces substances.

Fermentation lactique. — La fermentation lactique se produit par l'action d'un ferment particulier, le ferment lactique sur une matière fermentescible.

L'acide lactique peut dériver de la transformation directe de la glucose ou de la sorbine.

$$\underset{\text{Glucose.}}{C^{12}H^{24}O^{12}} = \underset{\text{Acide lactique.}}{2\,C^{6}H^{12}O^{6}}$$

Le sucre de lait et le sucre de canne s'assimilent les éléments de l'eau pour passer à l'état d'acide lactique.

$$\underset{\text{Saccharose.}}{C^{12}H^{22}O^{11}} + H^{2}O = \underset{\text{Acide lactique.}}{2\,C^{6}H^{12}O^{6}}$$

Les matières sucrées, qui renferment un excès d'hydrogène, comme la mannite et la dulcite, le perdent en devenant acide lactique.

$$\underset{\text{Mannite.}}{C^6H^{14}O^6} = H^2 + \underset{\text{Acide lactique.}}{C^6H^{12}O^6}$$

Le ferment lactique est végétal ; il est formé de globules plus petits que ceux de la levûre ordinaire et est doué du mouvement brownien. Il agit surtout à la température de 30 à 35°. Lavé à grande eau et abandonné dans l'eau sucrée, il la modifie avec une grande lenteur, parce que l'acidité gêne son action sur le sucre ; mais si on ajoute de la craie qui sature l'acide, la fermentation s'accélère, et il se forme rapidement du lactate de chaux. Si, en même temps, il existe une substance albuminoïde propre à la nourriture du ferment, la levûre lactique se développe, et on en recueille des quantités qui n'ont pour limite que le poids du sucre et celui de la matière albuminoïde.

Outre l'acide lactique, la fermentation lactique donne habituellement naissance à de la mannite, à de l'acide butyrique et à de l'alcool, causés sans doute par la présence d'autres ferments.

Fermentation butyrique. — Les substances organiques neutres, telles que l'amidon, les sucres, les gommes, peuvent, sous l'influence des ferments, produire de l'acide butyrique. La fermentation lactique s'établit d'abord ; les lactates en présence des ferments se

transforment en butyrates, avec production d'hydrogène.

$$C^6H^{12}O^6 = C^4H^8O^2 + 2CO^2 + 4H^2$$
Ac. lactique. Ac. butyrique.

La fermentation butyrique est due à des infusoires d'après M. Pasteur. Ce sont de petites baguettes, cylindriques à leurs extrémités, ordinairement droites, isolées ou réunies par des chaînes de 2, 3 ou 4 articles et même davantage ; la longueur des articles isolés varie de 0mm,002 à 0mm,02. Ils sont fissipares. On peut semer ces infusoires comme on sèmerait de la levûre de bière ; ils se multiplient si le milieu est approprié à leur nourriture. Ils se développent dans un liquide contenant du sucre, de l'ammoniaque et des phosphates. Ils vivent et s'accroissent en l'absence de l'air et de l'oxygène, qui les tuent loin d'être utiles à leur production.

D'autres infusoires ferments, vivant sans oxygène libre, paraissant différer des vibrions butyriques, se développent également dans la fermentation du lactate de chaux, qui se transforme en acide propionique. Ils causent également la décomposition de malate de chaux en acide succinique et acétique.

Fermentation visqueuse. — La fermentation visqueuse est produite par un ferment végétal constitué par des globules de 0mm,0012, réunis en chapelet. Semés dans un liquide sucré contenant de l'albumine en dissolution, ils amènent toujours la fermentation visqueuse. 100 parties de sucre fournissent 51,99 de

mannite, 45,5 de matière visqueuse, et de plus il se dégage de l'acide carbonique.

$$25C^{12}H^{24}O^{12} = 24\,C^{6}H^{14}O^{6} + 24\,C^{6}H^{10}O^{5} + 12\,CO^{2} + 12\,H^{2}O$$

Glucose. Mannite. Gomme.

Fermentation acétique. — La transformation de l'alcool en vinaigre repose sur une oxydation lente, accomplie aux dépens de l'oxygène de l'air, et provoquée sous l'influence de corps azotés comparables au ferment.

$$C^{2}H^{6}O + O^{2} = C^{2}H^{4}O^{2} + H^{2}O$$

Alcool. Acide acétique.

Le ferment est un végétal, un mycoderme, le *mycoderma vini*, qui forme la mère du vinaigre. L'acétification commence dès qu'il apparaît à la surface du liquide ; elle continue pendant qu'il s'accroît, elle cesse dès qu'il est submergé. Ce mycoderme se développe aux dépens des matières albuminoïdes qui existent dans le liquide ; son rôle est d'absorber l'oxygène de l'air, puis de le céder à l'alcool qui s'oxyde. Il agit donc comme un intermédiaire entre l'air et l'alcool. Si son action est trop énergique, elle peut pousser l'oxydation trop loin et détruire le vinaigre lui-même au fur et à mesure de sa formation.

La fermentation acétique a donc cela de particulier, qu'elle exige le concours chimique de l'air. Elle a quelques rapports avec les effets de pourriture lente compliquée d'oxydation et désignés sous le nom d'érémacausies.

Nouvelle opinion sur les fermentations. — MM. Bechamp et Estor rattachent les fermentations à la présence dans toutes les cellules animales de granulations organisées vivantes, capables de se reproduire, qu'ils nomment microzymas. Les microzymas du foie qui peuvent être pris pour type, ont l'apparence d'une sphère; en dehors de l'économie, sans l'intervention d'aucuns germes étrangers, ils s'associent en chapelet et forment d'abord les *torulas*, puis s'allongent de manière à représenter des *bactéries* isolées ou associées. Ils sont imputrescibles, insolubles dans l'acide acétique et la potasse au dixième, doués d'une motilité propre. Ils fluidifient l'empois avec rapidité et produisent de la fécule soluble. Ils font fermenter l'alcool, et le terme dominant des produits dérivés est l'acide caproïque. 500 grammes d'alcool absolu, 40 grammes de pulpe de foie frais de mouton et 16 litres d'eau fournirent, au bout de plusieurs mois, 15 grammes d'acide caproïque, et dégagèrent en même temps de l'hydure de méthyle. L'alcool méthylique, dans les mêmes conditions, donna de l'acide acétique; l'alcool amylique ne subit pas de transformation. La glycérine fermenta ; 450 grammes produisirent :

Alcool absolu mêlé d'alcools supérieurs. . .			148	grammes.
Acide acétique..			8	—
—	distillant de 138 à 144 (propionique).		132	—
	—	de 158 à 165 (butyrique). .	53	—
—	—	de 175 à 182 (valérique).. .	21	—
—	—	de 200 à 210 (caproïque) . .	18	—

et un dégagement d'acide carbonique.

La matière animale ne peut, d'après M. Bechamp,

concourir à la formation de ces sortes de fermentations. La matière animale employée est en quantité relativement si petite, que chacun des acides produits, pris en particulier, contient plus de carbone qu'elle n'en renfermait elle-même. Les matières albuminoïdes semblent n'être que les aliments des microzymas.

La mère du vinaigre est une membrane formée par des microzymas simples ou déjà développés en bâtonnets droits ou courbes engagés dans une matière intercellulaire hyaline. Elle n'est pas une espèce végétale proprement dite ; elle ne possède d'autre spécificité que celle des microzymas, qui en sont les éléments vivants et lui communiquent la propriété de produire des fermentations. Quant à sa structure chimique, elle est à volonté celle d'un ferment alcoolique, lactique, butyrique ou acétique. La mère du vinaigre, nourrie de bouillon, de levûre et de sucre de canne, se comporte comme un ferment aussi énergique que la levûre de bière, mais elle change de nature en se transformant en une membrane où apparaissent de grandes cellules à noyau, et en microzymas distincts de la levûre de bière. Ces réactions montrent le rôle important que MM. Bechamp et Estor attribuent aux mycrozymas dans les phénomènes biologiques.

M. Berthelot range les cas d'isomérie en 5 classes : 1° composition équivalente; 2° polymérie; 3° métamérie; 4° kénomérie; 5° isomérie proprement dite.

Composition équivalente. — Sous ce nom on comprend les corps qui offrent dans leur composition une relation purement accidentelle, sans qu'il existe aucun rapport entre leur origine et leurs métamorphoses. La composition centésimale est seule la même, c'est ainsi qu'à la relation CH^2O correspondent l'acide acétique, l'éther méthylformique, l'acide lactique, la glucose, etc., substances dont les propriétés physiques et les fonctions chimiques sont très-diverses.

Polymérie. — Les corps polymères sont formés des mêmes éléments, en même proportion, mais sous un état de condensation différent et sont susceptibles d'être engendrés les uns au moyen des autres.

Les corps polymères sont de divers ordres : les uns ont la propriété de régénérer le corps primitif dans toutes leurs réactions ; ils perdent, lorsqu'ils se combinent, leur condensation primitive. Les autres, constitués par des molécules plus intimement unies, entrent en combinaison et en sortent sans perdre leur complication première.

Métamérie. — Toutes les fois que des corps d'une même composition se forment par des voies différentes, c'est-à-dire au moyen de deux systèmes de générateurs distincts, ou au moyen de deux systèmes de générateurs identiques combinés dans un ordre différent, ou par des moyens différents, les corps obtenus peuvent être distincts et sont dits métamères.

L'acide lactique obtenu par la fermentation, et l'acide lactique de la chair musculaire ou sarcolactique, ne sont point identiques, mais métamères. L'acide lactique de la fermentation peut être considéré comme formé par l'union de l'aldéhyde et de l'acide formique.

$$C^2H^4O + CHO^2 = C^3H^6O^3$$

L'acide sarcolactique provient de l'union de l'acide formique avec l'éther glycolique C^2H^4O, homologue de l'aldéhyde. Ces acides, très-analogues par leurs propriétés, se distinguent surtout par les différences qui persistent dans les corps qui en dérivent.

Il ne suffit pas pour l'identité des corps, qu'ils aient à peu près les mêmes propriétés physiques, la même formule et la même fonction chimique : il faut de plus que, soumis à l'épreuve des méthodes d'hydratation, de réduction et d'oxydation, ils donnent naissance aux mêmes produits.

Les corps métamères peuvent se transformer les uns dans les autres sous l'influence de la chaleur. L'acide sarcolactique chauffé pendant un temps prolongé de 130° à 140° ne donne plus, lorsqu'on le reprend par l'eau, que de l'acide lactique ordinaire.

Le cyanate d'ammoniaque et l'urée sont deux composés isomériques, dérivés tous deux des mêmes générateurs, l'eau et l'acide carbonique. Tous deux peuvent reproduire l'acide carbonique et l'ammoniaque par l'action des acides étendus. Mais tandis que la réaction est presque instantanée avec le cyanate

d'ammoniaque, il faut une longue ébullition pour amener la décomposition de l'urée. La transformation du cyanate d'ammoniaque en urée proprement dite se produit d'ailleurs par l'action de la plus légère élévation de température.

Kénomérie. — La kénomérie est une variété de la métamérie dont l'idée a été introduite dans la science par M. Berthelot. Deux composés distincts peuvent perdre, par l'effet de certaines décompositions, des groupes différents d'éléments de façon à être ramenés à une composition identique. La même chose peut arriver quand deux composés isomériques perdent les mêmes éléments. Ces dérivés demeurent quelquefois distincts par leurs propriétés physiques et chimiques. Quand ils ont été obtenus par substitution ou par addition, ils sont métamères. Quand ils ont été obtenus par élimination, ils sont kénomères.

Les kénomères dérivent donc de générateurs dont la composition est distincte par l'élimination d'éléments différents, ou de générateurs isomères par l'élimination d'éléments identiques.

L'alcool en perdant deux atomes d'hydrogène devient aldéhyde.

$$\underset{\text{Alcool.}}{C^2H^6O} - H^2 = \underset{\text{Aldehyde.}}{C^2H^4O}$$

Le glycol en perdant H^2O devient éther glycolique.

$$\underset{\text{Glycol.}}{C^2H^6O^2} - H^2O = \underset{\text{Éther glycolique.}}{C^2H^4O}$$

L'aldéhyde et l'éther glycolique sont kénomères.

Isomérie proprement dite. — Dans l'isomérie proprement dite, les corps possèdent l'identité de composition, de poids moléculaire, de formule, de densité de vapeur, de système général de réactions. Ils diffèrent par certaines propriétés physiques et chimiques permanentes qui persistent même à travers leurs combinaisons.

Sauf quelques exceptions, les corps isomères ont la même fonction chimique, et se distinguent seulement par une différence dans une quelconque de leurs propriétés, état solide ou liquide, densité, point d'ébullition, coefficient de dilatation, chaleur spécifique, chaleur latente de fusion ou de vaporisation, indice de réfraction, sens et valeur du pouvoir rotatoire, forme cristalline.

Quant aux dérivés des corps isomères, ils peuvent reproduire les corps générateurs sans altérer les différences primitives, soit au contraire en donnant naissance à un corps identique.

L'isomérie complète est très-répandue dans les composés naturels.

La mannitane, la dulcitane, la pinite, la quercite, $C^6H^{12}O^5$, qui remplissent le rôle d'alcool héxatomique, sont isomériques. Les sucres se rapportent à deux classes isomériques : la première renferme le sucre de canne, la mélitose, la tréhalose, la mélezitose, la lactose, et répond à la formule $C^{12}H^{22}O^{11}$.

La deuxième comprend la glucose, la maltose, la galactose, la sorbine, l'eucalyne, l'inosite, et ont pour formule $C^6H^{12}O^6$.

La fécule, l'amidon, le ligneux, l'inuline, la lichénine, la tunicine, les gommes, les mucilages, la dextrine, $C^6H^{10}O^5$, présentent une relation semblable d'isomérie.

Les matières albuminoïdes offrent également de nombreux isomères.

CHAPITRE II

DES SUBSTANCES QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION DES ÊTRES VIVANTS.

Les substances qui entrent dans la composition des tissus des animaux sont extrêmement nombreuses. Elles tirent leur origine d'un petit nombre de matières complexes, fournies par le règne végétal. Le degré très-élevé que la plupart de ces corps occupent dans l'échelle des composés organiques permet de concevoir la multiplicité des dérivés qui peuvent en naître par l'action de modificateurs et se produire dans les différents organes et les divers tissus. Ces métamorphoses ont pour but la formation d'éléments propres à être assimilés, puis, par une action régressive, la désassimilation de ces matériaux devenus impropres à l'entretien de la vie, leur décomposition et leur rejet hors de l'économie par les voies d'excrétion.

Les corps organisés sont formés de trois groupes de substances.

1° Matières minérales ;

2.

2° Substances ternaires, carbone, hydrogène, oxygène, qui se divisent elles-mêmes en deux groupes : matières grasses et hydrates de carbone;

3° Substances quaternaires, carbone, hydrogène, oxygène, azote, quelquefois soufre et phosphore en petite quantité. Elles constituent les matières albuminoïdes et les produits épidermiques.

MATIÈRES MINÉRALES

Les matières minérales se rencontrent parmi les parties constituantes des tissus et des liquides qui les baignent. Le tableau suivant donne la liste de celles qui ont été signalées dans l'organisme humain.

Gaz.	Oxygène.
	Hydrogène.
	Azote.
	Acide carbonique.
	Acide sulfhydrique.
Sels.	Eau.
	Chlorure de sodium.
	— de potassium.
	— d'ammonium.
	Fluorure de calcium.
	Carbonate de sodium.
	— de potassium.
	— d'ammonium.
	— de calcium.
	— de magnésium.
	Phosphate de sodium.
	— de potassium.
	— de calcium.
	— de magnésium.
	— ammoniaco-magnésien
	— de sodium et de magnésium
	Sulfates alcalins.
	— de calcium.

Acide libre	Chlorhydrique. Sulfurique. Silice.
Métaux.	Fer. Manganèse. Cuivre.

Beaucoup de ces substances sont indispensables au maintien de la vie. L'eau est un élément essentiel de toute organisation ; les phosphates constituent à eux seuls presque tout le squelette. Le chlorure de sodium et les sels jouent des rôles divers, etc. Tous ces produits minéraux se trouvent dans les cendres après l'incinération des matières organiques. Elles peuvent éprouver des changements pendant la combustion ; elles présentent quelquefois certaines particularités importantes, soit comme dosage, soit comme rôle physiologique. Ces questions seront traitées spécialement dans l'examen des tissus et des liquides de l'organisme.

MATIÈRES GRASSES

Très-répandues dans le règne végétal, les matières grasses se rencontrent dans les semences et les parties charnues de quelques fruits. Non moins nombreuses dans les tissus des animaux, elles accompagnent généralement les substances histogéniques et apparaissent surtout en masse dans le contenu des cellules du tissu adipeux, etc.

Composition. — M. Chevreul, en 1813, a reconnu que, à part de rares exceptions, les matières grasses

sont formées d'un petit nombre de principes immédiats, stéarine, margarine, oléine, butyrine, caprine, caproïne, phocénine, lesquels se dédoublent sous l'influence des alcalis en glycérine et en acides gras particuliers. M. Berthelot a réussi depuis à les reproduire par synthèse en combinant directement les acides et la glycérine.

Les acides qui entrent dans la composition des matières grasses appartiennent à deux séries de corps homologues représentés par les formules $C^nH^{2n}O^2$ et $C^nH^{2n-2}O^2$. Ces acides sont monoatomiques. La première série, dite série des acides gras, répond aux alcools saturés $C^nH^{2n+2}O$, et comprend les termes suivants :

ACIDES.		ALCOOLS.	
Acide formique. . .	$C\,H^2\,O^2$	Alcool méthylique. . . .	$C\,H^4\,O$
— acétique.. . .	$C^2\,H^4\,O^2$	— éthylique.	$C^2H^6\,O$
— propionique. .	$C^3\,H^6\,O^2$	— propylique. . . .	$C^3H^8\,O$
— butyrique. . .	$C^4\,H^8\,O^2$	— butyrique.. . . .	$C^4H^{10}O$
— valérique. . .	$C^5\,H^{10}O^2$	— amylique.	$C^5H^{12}O$
— caproïque. . .	$C^6\,H^{12}O^2$	— hexylique.. . . .	$C^6H^{14}O$
— œnanthylique .	$C^7\,H^{14}O^2$	— heptilique. . . .	$C^7H^{16}O$
— caprylique.. .	$C^8\,H^{16}O^2$	— octylique.. . . .	$C^8H^{18}O$
— pélargonique..	$C^9\,H^{18}O^2$		
— rutique. . . .	$C^{10}H^{20}O^2$		
— laurique. . .	$C^{12}H^{24}O^2$		
— cocinique. . .	$C^{13}H^{26}O^2$		
— myristique. .	$C^{14}H^{28}O^2$		
— benique. . . .	$C^{15}H^{30}O^2$?		
— palmitique.. .	$C^{16}H^{32}O^2$		
— margarique. .	$C^{17}H^{34}O^2$		
— stéarique. . .	$C^{18}H^{36}O^2$		
— arachidique. .	$C^{20}H^{40}O^2$		
— cérotique. . .	$C^{27}H^{54}O^2$	Alcool cérylique.. . . .	$C^{27}H^{56}O$
— mélissique.. .	$C^{30}H^{60}O^2$	— myricique. . . .	$C^{30}H^{62}O$

La série des acides $C^nH^{2n-2}O^2$ a pour terme principal l'acide oléique $C^{18}H^{34}O^2$.

En se combinant aux acides pour former les graisses, la glycérine se comporte comme un alcool triatomique, et les matières grasses sont les éthers de cet alcool.

On désigne en général sous le nom d'alcools des substances organiques non azotées, capables de former des éthers, c'est-à-dire de se combiner aux acides avec élimination d'eau. Les éthers peuvent fixer de nouveau et directement les éléments de l'eau, de façon à reproduire l'acide et l'alcool générateur. Ainsi, en employant la notation typique, la ormation de l'éther acétique au moyen de l'alcool ordinaire et de l'acide acétique est représentée par la formule :

$$\underset{\text{Alcool.}}{\left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O} + \underset{\text{Acide acétique.}}{\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ H \end{matrix}\right\} O} = \underset{\text{Éther acétique.}}{\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^5 \end{matrix}\right\} O} + \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O$$

La constitution des alcools peut être rapportée, soit à un atome d'eau : tels sont les alcools proprement dits, soit à deux atomes d'eau condensés, glycols, soit à trois atomes d'eau condensés, glycérines, dans lesquels un, deux ou trois atomes d'hydrogène sont remplacés par un radical alcoolique.

Type :	$\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O$	$\left.\begin{matrix} H^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^2$	$\left.\begin{matrix} H^3 \\ H^3 \end{matrix}\right\} O^3$
Formule générale :	$\left.\begin{matrix} C^nH^{(2n+1)'} \\ H \end{matrix}\right\} O$ Alcool.	$\left.\begin{matrix} C^nH^{2n''} \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^2$ Glycol.	$\left.\begin{matrix} C^nH^{(2n-1)'''} \\ H^3 \end{matrix}\right\} O^3$ Glycérine.
Exemple :	$\left.\begin{matrix} C^3H^{7'} \\ H \end{matrix}\right\} O$ Propylalcool.	$\left.\begin{matrix} C^3H^{6''} \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^2$ Propylglycol.	$\left.\begin{matrix} C^3H^{5'''} \\ H^3 \end{matrix}\right\} O^3$ Propylglycérine.

Les alcools biatomiques et triatomiques se comportent comme les alcools simples en présence des acides. Ils s'y combinent avec élimination d'eau.

La propylglycérine $\left.\begin{matrix}C^3H^{5'''}\\H^3\end{matrix}\right\} O^3$ est la seule bien étudiée. C'est elle qui entre dans la constitution des matières grasses.

La glycérine, découverte par Scheèle, en 1779, se prépare en décomposant par une base les corps gras neutres en présence de l'eau. On saponifie l'huile d'olive additionnée d'eau avec l'oxyde de plomb en opérant à la chaleur du bain-marie. Quand la saponification est terminée, on reprend par l'eau ; on précipite par l'hydrogène sulfuré l'oxyde de plomb dissous, et on obtient la glycérine par évaporation. On peut également dédoubler l'huile en se servant de la vapeur d'eau surchauffée.

M. Wurtz a obtenu la glycérine à l'aide du bromure d'allyle $\left.\begin{matrix}C^3H^{5'}\\Br\end{matrix}\right\}$; par l'action du brome ce corps se transforme en tribromure $\left.\begin{matrix}C^3H^{5'''}\\Br^3\end{matrix}\right\}$, et ce tribromure, en réagissant sur l'acétate d'argent, forme du bromure d'argent et de la triacétine de la propylglycérine $\left.\begin{matrix}C^3H^{5'''}\\H^3\end{matrix}\right\} O^3$.

$$(C^3H^5)'''Br^3 + 3\left(\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\Ag\end{matrix}\right\} O\right) = 3AgBr + \left.\begin{matrix}C^3H^{5'''}\\(C^2H^3O^2)^3\end{matrix}\right\} O^3$$

Tribromure d'allyle. Acétate d'argent. Triacétine de la propylglycérine.

La triacétine donne de la glycérine lorsqu'on la sa-

ponifie par de la potasse ou de la baryte; quant à l'iodure d'allyle, point de départ de ces réactions, on le prépare en faisant réagir l'iodure de phosphore sur la glycérine.

La glycérine est un liquide incolore, inodore, d'une saveur sucrée. Sa densité est 2,88. Elle est soluble dans l'eau et l'alcool, presque insoluble dans l'éther. Elle distille en se décomposant, de 275° à 280°; mais elle passe sans s'altérer sous l'action du vide.

La glycérine s'unit avec les acides. Comme tous les alcools triatomiques, elle peut former trois séries de combinaisons en se combinant 1, 2 ou 3 molécules d'un acide monoatomique, tandis que 1, 2 ou 3 molécules d'eau s'éliminent.

Avec l'acide acétique elle donne, lorsqu'on la chauffe dans des tubes fermés avec 1, 2 ou 3 molécules d'acide, les éthers suivants ou acétines.

$$\underset{\text{Acide acétique.}}{\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O} + \underset{\text{Glycérine.}}{\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H^3\end{matrix}\right\}O^3} = \underset{\text{Monoacétine.}}{\left.\begin{matrix}C^3H^5\\C^2H^3O\\H^2\end{matrix}\right\}O^3} + H^2O$$

$$\underset{\text{Acide acétique.}}{2\left[\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O\right]} + \underset{\text{Glycérine.}}{\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H^3\end{matrix}\right\}O^3} = \underset{\text{Diacétine.}}{\left.\begin{matrix}C^3H^5\\(C^2H^3O)^2\\H\end{matrix}\right\}O^3} + 2H^2O$$

$$\underset{\text{Acide acétique.}}{3\left[\left.\begin{matrix}C^2H^3O\\H\end{matrix}\right\}O\right]} + \underset{\text{Glycérine.}}{\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H^3\end{matrix}\right\}O^3} = \underset{\text{Triacétique.}}{\left.\begin{matrix}C^3H^5\\(C^2H^3O)^3\end{matrix}\right\}O^3} + 3H^2O$$

En remplaçant dans ces réactions l'acide acétique par l'acide butyrique, oléique, palmitique, stéarique, etc., on obtient les butyrines, oléines, palmitines, stéarines, etc.

Les acides polybasiques donnent, avec la glycérine, des combinaisons qui appartiennent à des types plus compliqués que les éthers neutres.

$$\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H^3\end{matrix}\right\}O^3 + \left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2 = H^2O + \left.\begin{matrix}C^3H^{5'''}\\H^2\\SO^{2''}\\H\end{matrix}\right\}O^4$$

Glycérine. Acide sulfurique. Acide sulfoglycérique.

L'acide sulfoglycérique est monobasique, l'atome d'hydrogène en rapport avec le sulfuryle SO^2 peut seul être échangé contre des métaux. Cet acide dérive du type $\left.\begin{matrix}H^4\\H^4\end{matrix}\right\}O^4$; l'acide phosphoglycérique $\left.\begin{matrix}C^3H^{5'''}\\H^2\\PO'''\\H^2\end{matrix}\right\}O^5$ du type $\left.\begin{matrix}H^5\\H^5\end{matrix}\right\}O^5$.

On désigne, sous le nom de chlorhydrines et de bromhydrines, les éthers chlorhydriques et bromhydriques de la glycérine. Ils correspondent à de la glycérine dont 1, 2 ou 3 atomes d'hydroxyle ($HO' = H^2O - H$) sont remplacés par du chlore ou du brome.

$\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H^3\end{matrix}\right\}O^3$	$\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H^2\end{matrix}\right\}\begin{matrix}O^2\\Cl\end{matrix}$	$\left.\begin{matrix}C^3H^5\\H\end{matrix}\right\}\begin{matrix}O\\Cl^2\end{matrix}$	$C^3H^5Cl^3$
Glycérine.	Monochlorhydrine.	Dichlorhydrine.	Trichlorhydrine.

Propriétés des matières grasses. — Les graisses neutres sont généralement incolores, inodores et insipides ; elles sont plus légères que l'eau ; leur densité varie de 0,90 à 0,93 ; elles durcissent par le froid.

Elles sont insolubles dans l'eau, plus solubles dans l'alcool, très-solubles dans l'éther.

Les corps gras naturels se décomposent au-dessus de 260 à 300, en dégageant de l'acide carbonique et des acides gras, acétique, butyrique, palmitique, stéarique, et en même temps en produisant de l'alcooléine C^3H^4O douée d'une odeur irritante caractéristique.

Abandonnées à l'air, les matières grasses s'altèrent en absorbant de l'oxygène. Cette réaction est surtout sensible pour les huiles, qui deviennent rances. L'absorption de l'oxygène a lieu par l'intermédiaire des matières mucilagineuses contenues dans les huiles; les matières produites sont de la glycérine, et les produits de son oxydation, de l'acide oléique et les acides gras volatils et odorants qui en dérivent.

Origine des matières grasses. — Les matières grasses végétales se forment directement dans les organes des plantes aux dépens des matières minérales. Celles qui se rencontrent dans les tissus des animaux ne proviennent pas exclusivement de l'absorption des matières grasses élaborées par les végétaux ; elles prennent naissance aussi par une transformation spéciale des hydrates de carbone, et peut-être des matières albuminoïdes. Ces réactions, qui se produisent dans les organes des animaux vivants, n'ont pas encore été réalisées par les chimistes dans les expériences du laboratoire. Mais, par une suite d'observations aussi nombreuses que variées, elles ont été mises complétement hors de doute par les physiologistes.

La statique chimique fournit une première preuve. Lorsqu'on cherche à établir une équation entre la quantité de graisse que les herbivores emmagasinent dans leurs tissus, plus celle qu'ils rejettent dans leurs excréments, avec celle que contiennent les plantes qui leur servent d'aliment, on trouve que le premier membre de l'équation l'emporte de beaucoup sur le second.

D'après M. Boussingault, les cochons, les canards, les vaches transforment en substances grasses les matières sucrées provenant de l'amidon et de la fécule des pommes de terre et des graines qui leur servent de nourriture, tandis que les matières azotées entrent dans la composition des parois des cellules.

Des carnivores, dont les tissus sont pauvres en matières grasses, peuvent cependant engraisser rapidement lorsqu'ils sont nourris avec des hydrates de carbone, avec de l'amidon, de la bière renfermant de la dextrine, etc.

Les expériences d'Huber ont démontré que les abeilles, ne recevant que du sucre pour nourriture, sont capables de produire de la cire, substance très-voisine des matières grasses.

D'après Liebig, la graisse augmente dans les tissus, lorsque, par suite d'une inégalité entre la quantité d'air introduite par la peau et les poumons, et la quantité de nourriture employée, il résulte un manque d'oxygène pour brûler complétement les aliments.

M. Pasteur a constaté la formation de la glycérine et des matières grasses en même temps que celle de

l'alcool et de l'acide succinique dans la fermentation alcoolique, alors même qu'il n'emploie pour la développer qu'une quantité infinitésimale de levûre de bière, de glucose, des phosphates et des sels d'ammoniaque.

Toutes ces observations prouvent la réalité de la transformation des hydrates de carbone en matières grasses.

La transformation des matières albuminoïdes en graisse se démontre par des considérations du même ordre, mais ici les faits sont moins probants.

L'adipocire, qui forme le gras des cadavres, se compose, d'après Wetherill, principalement d'acide palmitique (94 à 97 pour 100), et prend naissance par la décomposition des matières albuminoïdes dans des conditions favorables.

Des matières pauvres en graisse, comme des cristallins, des blancs d'œuf, introduites dans la cavité stomacale d'animaux vivants, changent de nature et contiennent bientôt une quantité plus considérable de matière grasse et une proportion plus faible de substances albuminoïdes ; si, avant de les faire pénétrer dans l'estomac, on les enduit de collodion, de gutta-percha, elles restent inaltérées, tandis que des substances non albumineuses, telles que des fragments d'os, de bois, en séjournant quelque temps dans la cavité abdominale, s'imprègnent de graisse. On voit les poules engraisser lorsqu'on les gave avec de la viande.

Les expériences de Blondeau montrent que, pendant la fabrication du fromage de Roquefort, il y a aug-

mentation de la matière grasse et diminution de la caséine.

On a vu aussi que les vaches nourries avec des matières albuminoïdes donnent un lait plus riche en beurre; que les chiennes qui ont de la viande pour nourriture ont un lait qui contient plus de matières grasses que celles qui sont soumises à une alimentation féculente.

ALCOOLS HEXATOMIQUES, HYDRATES DE CARBONE ET SUCRES.

Les principes immédiats neutres des végétaux sont formés, les uns par du carbone uni à de l'eau avec un excès d'hydrogène; ils se comportent comme des alcools hexatomiques saturés. Les autres sont constitués par du carbone uni à l'hydrogène et à l'oxygène en proportion exacte pour faire de l'eau, d'où le nom d'hydrates de carbone, sous lequel on les désigne généralement.

Alcools hexatomiques. — On a vu que les alcools polyatomiques peuvent se rapporter à des molécules d'eau condensées. Les alcools hexatomiques répondent à 6 molécules d'eau ainsi condensées $\left.\begin{matrix} H^6 \\ H^6 \end{matrix}\right\} O^6$.

Un certain nombre de composés naturels correspondent à ce type. Ce sont : la mannite, la dulcite, la mélampyrite, la quercite et la pinite.

La mannite s'écoule par incision de plusieurs espè-

ces de frênes (*fraxinus ornus* et *rotondifolia*). Elle se produit pendant la fermentation visqueuse et peut être regardée comme le type des alcools hexatomiques. Elle donne naissance à des éthers dans lesquels 6 atomes d'hydrogène sont remplacés par 6 molécules d'un acide monoatomique.

Hydrates de carbone. — Les hydrates de carbone forment un groupe de produits très-naturels qui abondent dans le régime végétal et se trouvent aussi dans les organes des animaux. Ces corps sont neutres et jouent le rôle d'alcools polyatomiques. Ils se rapportent à trois groupes différents.

Les uns contiennent un nombre de molécules d'eau égal à celui des atomes de carbone, et ont pour formule $C^6H^{12}O^6$. Ils éprouvent facilement et directement la fermentation alcoolique au contact de la levûre de bière. Déjà à froid et mieux encore à 100°, ils se décomposent sous l'influence des alcalis caustiques, et réduisent la solution des sels de cuivre et de potasse. Ce groupe comprend :

La glucose ordinaire. Elle se produit par l'hydratation de l'amidon, sous l'influence des acides dilués ou celle de la diastase, ferment qui existe dans l'orge germé (malt). Elle se trouve encore dans le miel, le sucre interverti et le sucre de raisin ; elle constitue à elle seule le sucre des diabétiques ;

La maltose, qui ne diffère de la glucose que par son pouvoir rotatoire, et que l'on obtient en ne prolongeant pas trop longtemps l'action de l'orge germé sur l'amidon ;

La lévulose, qui existe dans le sucre de canne interverti par les acides, et qui se développe en hydratant par les acides étendus un composé analogue à l'amidon, l'inuline;

La mannitose, obtenue par l'oxydation de la mannite;

La galactose, que l'on prépare en faisant agir les acides sur la lactose ou sucre de lait;

L'inosite, que l'on retire de la chair musculaire;

La sorbine, que l'on extrait du jus de baies de sorbier;

L'eucalyne, qui se produit dans la fermentation de la mélitose, par suite de la destruction d'un autre principe sucré qui, uni à l'eucalyne, constitue la mélitose.

Les glucoses se rattachent à la mannite et à ses congénères, et n'en diffèrent que par deux molécules d'hydrogène en moins. Comme elles, elles peuvent former des éthers, et se comportent comme des alcools hexatomiques. Il y a entre elles la même différence qu'entre l'alcool allylique et l'alcool propylique.

$$\left.\begin{matrix} C^3H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O \qquad \left.\begin{matrix} C^3H^7 \\ H \end{matrix}\right\} O$$

Alcool allylique. Alcool propylique.

$$\left.\begin{matrix} C^6H^6 \\ H^6 \end{matrix}\right\} O^6 \qquad \left.\begin{matrix} C^6H^8 \\ H^6 \end{matrix}\right\} O$$

Glucose. Mannite.

La glucose[1], en effet, traitée par l'eau et l'amal-

[1] Linnemann, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, CXX, p. 136. 1862.

game de sodium donne, de la mannite sous l'influence de l'hydrogène naissant. Par une réaction inverse, M. Berthelot[1] a vu que la mannite se transforme en glucose fermentescible quand on la met en contact avec les tissus du testicule.

Les hydrates de carbone de deuxième ordre renferment ceux qui contiennent une molécule d'eau en moins que le nombre d'atomes de carbone. Ils ont pour formule $C^{12}H^{22}O^{11}$; ce sont les sucres proprement dits ou saccharoses. Ils ne fermentent pas directement, mais sont susceptibles d'éprouver la fermentation alcoolique après avoir fixé les éléments de l'eau et s'être transformés en glucoses, transformation qui s'établit sous l'influence des acides étendus ou celle d'un excès de levûre. Les saccharoses ne brunissent pas les alcalis, même à 100°, et réduisent à peine à la même température les sels de cuivre et de potasse.

Les saccharoses comprennent :

Le sucre de canne. Il existe dans le jus de la canne à sucre, de la betterave, du sorgho, de l'érable, etc.; dans les fruits non mûrs, mêlé avec du sucre interverti, etc. ;

La mélitose se trouve dans la manne d'Australie, qui provient de certaines espèces d'eucalyptus;

La tréhalose s'extrait de la tréhala, manne particulière qui vient de Turquie;

La mycose s'obtient du seigle ergoté;

[1] Berthelot, *Transformation de la mannite et de la glycérine en sucre proprement dit*. — *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. L, p. 369. 1857.

La mélézitose est extraite de la manne de Briançon, exsudation sucrée produite par le mélèze (*Pinus larix*).

La lactose, ou sucre de lait, se rencontre dans le lait des mammifères;

La parasaccharose produit par une fermentation spéciale du sucre de canne;

Enfin les hydrates de carbone du troisième ordre contiennent une proportion d'eau moindre encore par rapport au carbone; leur formule est $C^6H^5O^5$ ou un multiple. Sous l'influence des acides, ils fixent de l'eau et se transforment en glucose fermentescible. Ils comprennent les termes suivants :

La cellulose, qui forme les parois des jeunes cellules végétales, le périsperme corné du dracœna, du phytéléphas, du dattier, la moelle du sureau, etc., et, mêlée aux substances incrustantes, la fibre ligneuse des bois;

La matière amylacée, désignée sous le nom d'amidon quand on l'extrait des céréales, et de fécule lorsqu'on la retire des pommes de terre;

La dextrine, qui provient de la transformation de la cellulose et de la matière amylacée sous l'influence des acides, de la chaleur, de la diastase, etc.;

L'inuline, qui se trouve dans les racines d'aulnée, les bulbes de colchique, les tubercules de dahlia, etc.;

Le glycogène, qui entre dans la composition du tissu du foie;

Les gommes et les matières mucilagineuses;

La lichenine, provenant des mousses et des lichens;

La tunicine, qui se trouve dans le manteau des tuniciers et des ascidies.

Le sucre de canne et les autres saccharoses isomères peuvent être considérés comme produits par la combinaison de deux glucoses du premier groupe. On peut les regarder comme des éthers mixtes dérivés de deux alcools sucrés. Ainsi le sucre de canne représente une combinaison de glucose et de lévulose avec élimination d'eau.

$$\underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Lévulose.}}{C^6H^{12}O^6} - H^2O = \underset{\text{Sucre de canne.}}{C^{12}H^{22}O^{11}}$$

On a plusieurs preuves de l'exactitude de cette interprétation :

Le sucre de canne, en absorbant de l'eau, se transforme en un mélange de glucose et de lévulose. Il dévie le plan le polarisation à droite et se change, sous l'influence des acides, en sucre interverti, déviant le plan de polarisation à gauche. Le sucre interverti est lui-même un mélange de glucose et de lévulose.

Enfin le sucre soumis à l'action de la chaleur se transforme en glucose et en lévulosane

$$\underset{\text{Sucre de canne.}}{C^{12}H^{22}O^{11}} = \underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Lévulosane ;}}{C^6H^{10}O^5}$$

et la lévulosane peut elle-même absorber de l'eau et se transformer en lévulose.

$$\underset{\text{Lévulosane.}}{C^6H^{10}O^5} + H^2O = \underset{\text{Lévulose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

L'ensemble de ces réactions pour le sucre de canne, des considérations semblables pour les autres saccharoses, indiquent que ces substances peuvent être rangées dans la classe des éthers.

La composition des hydrates de carbone analogues à l'amidon et représentés par la formule $n\,(C^{10}H^{20}O^{10})$ peut s'expliquer aussi par la condensation de plusieurs molécules sucrées. Ils forment des éthers mixtes d'un ordre plus élevé que les saccharoses. Ils sont capables, en effet, en fixant de l'eau, de donner naissance à des sucres.

Ces hydrates de carbone sont des combinaisons complexes de la même nature que le sucre de canne, à cela près qu'ils résultent d'une déshydratation plus avancée.

$$\underset{\text{Glucose.}}{C^{6}H^{12}O^{6}} + \underset{\text{Glucose.}}{C^{16}H^{12}O^{6}} - 2H^{2}O = \underset{\text{Dextrine.}}{C^{12}H^{23}O^{10}}$$

En allant plus loin encore dans ces déshydratations, on arrive à comprendre la constitution de l'amidon lui-même.

$$\underset{\text{Dextrine.}}{C^{12}H^{22}O^{10}} + \underset{\text{Glucose.}}{C^{6}H^{12}O^{6}} - 2H^{2}O = \underset{\text{Amidon.}}{C^{18}H^{30}O^{15}}$$

MATIÈRES ALBUMINOIDES

Les matières albuminoïdes forment un groupe de substances variées dans leur origine, mais très-ressemblantes par leurs propriétés et leur composition. Elles existent dans le règne végétal et sont plus répan-

dues encore dans les tissus des animaux, dont elles sont un des éléments essentiels. Elles font partie ou sont l'origine de toutes les matières azotées de l'économie. On doit d'ailleurs les distinguer des tissus à gélatine et des productions épidermiques, qui renferment moins de carbone et plus d'azote.

Les tableaux suivants, empruntés à Hoppe Seyler et à M. Schutzenberger, donnent à la fois la classification et les propriétés des matières albuminoïdes.

CARACTÈRES DES MATIÈRES ALBUMINOÏDES, D'APRÈS HOPPE SEYLER[1]. — TABLEAU SYNOPTIQUE.

1. *Albumine.* — Matières albuminoïdes, solubles dans l'eau, dont elles ne sont précipitées ni par les acides étendus, ni par les carbonates alcalins, ni par le chlorure de sodium, ni par l'acide platino-cyanhydrique. Leurs solutions se coagulent par l'action de la chaleur.

a. Albumine du sérum, pouvoir rotatoire pour la ligne D du spectre = — 56°. Ne se coagule pas par l'agitation avec l'éther, se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique concentré. Dans cette dernière dissolution, l'addition d'un peu d'eau produit un précipité qui se redissout dans un grand excès.

b. Albumine de l'œuf, pouvoir rotatoire pour la ligne D = — 35°5, précipitable par l'éther, difficile-

[1] Hoppe Seyler, *Handbuch der chemischen Analyse.* 3. *Auflage.* p. 196.

ment soluble dans l'acide chlorhydrique concentré; l'eau forme dans cette dernière dissolution un précipité peu soluble dans un excès.

II. *Globuline.* — Matière albuminoïde insoluble dans l'eau, soluble dans les dissolutions étendues de chlorure de sodium; sa dissolution se coagule par la chaleur; elle est soluble dans l'acide chlorhydrique très-étendu en se transformant en syntonine.

a. Vitelline, non précipitée de ses dissolutions dans le chlorure de sodium étendu, par l'addition d'un excès de ce même sel.

b. Myosine, précipitée de ses dissolutions dans le chlorure de sodium étendu, par l'addition d'un excès de ce même sel.

c. Substance fibrinogène.

d. Substance fibrino-plastique, paraglobuline. Elles ont les caractères de la myosine; de plus, réunies dans une solution neutre, elles donnent naissance à de la fibrine.

III. *Fibrine.* — Insoluble dans l'eau et dans les solutions de chlorure de sodium, les acides étendus. Les alcalis la font augmenter de volume et simuler une solution qui se coagule dès qu'on la chauffe.

IV. *Albuminates.* — Insolubles dans l'eau et le chlorure de sodium, facilement solubles dans l'acide chlorhydrique très-étendu, aussi bien que dans les carbonates alcalins. Ces dissolutions ne se troublent pas par l'ébullition, ni quand on les neutralise en présence de phosphates alcalins.

a. Caséine. Chauffée avec des solutions alcalines,

elle donne lieu à froid, plus rapidement à chaud, à une formation de sulfure de potassium.

b. Albuminates alcalins (protéine). Ils ne forment pas de sulfures alcalins quand on les chauffe avec de la potasse.

V. *Albumine modifiée par les acides ; syntonine.* — Insoluble dans l'eau et le chlorure de sodium, très-soluble dans l'acide chlorhydrique étendu et les solutions de soude sans subir de transformation. Les solutions se précipitent quand on les sature, même en présence des phosphates alcalins.

VI. *Substance amyloïde.* — Insoluble dans l'eau, les acides étendus, les carbonates alcalins, ne se gonflant pas en présence des solutions de sel marin. Colorée par l'iode, depuis le brun rouge jusqu'au violet. Elle n'est pas digérée dans l'estomac à la température ordinaire du sang.

VII. *Albumine coagulée.* — Insoluble dans l'eau, dans l'acide chlorhydrique étendu, le carbonate de sodium, le sel marin ; colorée en jaune par l'iode. Transformée facilement en peptone par le suc gastrique à la température ordinaire du sang.

VIII. *Peptones.* — Solubles dans l'eau, d'où elles sont précipitées par les acides, les alcalis et la chaleur.

CLASSIFICATION DES MATIÈRES ALBUMINOÏDES, D'APRÈS M. SCHUTZENBERGER[1].

Solubles dans l'eau	Coagulables par la chaleur	Seuls	*Albumine et sérine.* Ne précipitent ni par l'acide acétique ni par l'acide phosphorique normal.
			Vitelline. N'est probablement qu'un mélange d'albumine et de caséine.
			Matière azotée des globules. Insoluble dans le sérum et peut se changer en hématocristalline.
			Hémoglobine. Cristallise en prismes tétraèdres, tables hexagonales, rhomboèdres.
			Hydropisine. Insoluble dans une eau chargée de sulfate de magnésium. Ne se colore pas en rouge par l'eau de chlore.
			Pancréatine. Insoluble dans une eau chargée de sulfate de magnésium. Se colore en rouge par l'eau de chlore.
		Avec le concours de l'acide acétique	*Paralbumine.* Se coagule en flocons.
			Métalbumine. Donne un trouble peu abondant.
	Non coagulables par la chaleur		*Caséine.* Identique avec les albuminates alcalins, se coagule par la présence de l'eau. Précipite par les acides acétique et phosphorique normal.
			Légumine. Mêmes réactions.
			Ferments solubles caractérisés par les réactions chimiques qu'ils provoquent.
			Albuminose. Diffusible, non précipitable par les acides, précipitable par le sublimé corrosif.
			Ichthidine. Mal définie.

Insolubles dans l'eau	Insolubles dans l'eau salpêtrée ou aiguisée de $\frac{1}{1000}$ d'acide chlorhydrique.	Albumine coagulée. Fibrine cuite.
	Soluble dans l'eau salpêtrée.	Fibrine du sang.
	Soluble dans l'eau acidulée au $\frac{1}{1000}$. . . .	Fibrine musculaire. Glutine.
	Soluble dans l'alcool.	Gluten.
	Caractères peu tranchés ne donnant pas de coloration violette avec l'acide chlorhydrique.	Ichthidine. Ichthuline. Emydine.

[1] Schutzenbercher, *Dictionnaire de chimie pure et appliquée.*

Les matières albuminoïdes contiennent toutes du carbone, de l'hydrogène, de l'azote et du soufre. Elles ne sont pas volatiles, brûlent en répandant l'odeur de corne et en dégageant des vapeurs ammoniacales, et laissent des phosphates dans leurs cendres. Elles présentent toujours au moins deux modifications, une soluble et une insoluble.

La composition centésimale de toutes ces substances est sensiblement la même. Les différences paraissent seulement tenir à la présence des matières minérales qu'elles retiennent opiniâtrément, et qui restent dans les cendres. Aussi, beaucoup de chimistes, négligeant les différences peu marquées de l'analyse, considèrent tous ces corps comme des modifications allotropiques des états isomériques d'un seul et même produit.

L'albumine de l'œuf, d'après l'analyse de MM. Dumas et Cahours, contient :

Carbone.	54,3
Hydrogène.	7,1
Azote.	15,8
Soufre.	1,8
Oxygène.	21,0

On a cherché à traduire ces chiffres en formule. Lieberkuhn a représenté l'albumine par $C^{72}H^{112}Az^{18}SO^{22}$, qui s'accorde bien avec l'analyse, mais qui est fort complexe et devrait être contrôlée par des métamorphoses. Sterry Hunt suppose que le soufre peut être remplacé par de l'oxygène, et que, à l'état de pureté,

la matière non sulfurée renferme les éléments de la cellulose, plus de l'ammoniaque, moins de l'eau.

$$2(C^6H^{10}O^6) + 3AzH^3 - 6H^2O = C^{12}H^{17}Az^3O^4$$

Les rapports précédents exigent

C.	53,93
H	6,36
Az.	15,73
O.	24,44

Ces formules manquent de contrôle. On a essayé diverses méthodes pour déterminer l'équivalent et mesurer la grandeur de la molécule des matières albuminoïdes[1]. Schwarzenbach fit l'analyse du précipité floconneux que le platinocyanure de potassium forme avec les matières albuminoïdes en dissolution, acidulées par l'acide acétique. La moyenne des analyses d'albumine de l'œuf, faites par incinération de la matière lavée et séchée, donne 5,699 de platine. Ce chiffre s'accorde avec celui que l'on obtient par le calcul en prenant pour le poids moléculaire de l'albumine le chiffre qui résulte des analyses de Lieberkuhn, des combinaisons d'albumine et d'argent, d'albumine et de zinc. En admettant que la combinaison renferme 2 Cy + K, on trouve pour le platine le chiffre 5,59, très-voisin du nombre expérimental. Le précipité de caséine dans les mêmes circonstances contient 11,3 pour 100 de platine. Le dosage du soufre du précipité

[1] Schwarzenbach, *Ueber Aequivalenzverhältnisse der Eiweisskorper*. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, Band. 144, S. 62. — 1867.)

fournit pour l'albumine de 1,85 à 2 pour 100, et pour la caséine de 0,9 à 1,1 pour 100, c'est-à-dire que la caséine renferme deux fois moins de soufre que l'albumine. En comparant le poids de platine contenu dans les deux précipités, on voit que le poids moléculaire de l'albumine est double de celui de la caséine, et on doit admettre que celle-ci dérive d'un dédoublement de l'albumine.

Diakonow[2] et Fuchs[3] contestèrent l'exactitude des résultats précédents et réussirent, par un lavage prolongé, à enlever au précipité de cyanure une grande partie de platine ; le chiffre tomba de 5,7 à 1 pour 100 pour l'albumine, de 10 pour 100 à 1,4 pour la caséine.

Par exemple Lieberkuhn ajouta une solution d'albumine à un sel d'argent, et trouva 6,5 d'argent dans le précipité. Fuchs, en répétant la même expérience, arriva à 3,2 d'argent, ce qui prouve l'insuffisance de ce procédé.

M. Commaille a employé le chlorure de platine pour la même détermination, et il a trouvé, après un lavage prolongé, 7,9 à 8,5 de platine. Fuchs est arrivé au chiffre presque identique, 8,1. L'accord de ces deux derniers résultats fait penser que le chlorure de platine sera le meilleur réactif pour arriver à connaître le poids moléculaire de l'albumine.

[1] Fuchs, *Ueber Aequivalent bestimmung des Albumins.* (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, B. 151, S. 372. — 1869.)

[2] Diakonow, *Ueber Platincyanverbindungen des Eiwaskorper.* (*Medicinisch-chemische Untersuchungen*, s. 228.)

Propriétés. — Les matières albuminoïdes sont solides, généralement amorphes ; quelques-unes cependant, telles que l'hémoglobine, la caséine dans la noix de Para, ont été obtenues cristallisées. Elles sont solubles ou insolubles dans l'eau ; certaines de ces dernières le deviennent en présence de matières étrangères ; elles sont, en général, insolubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme.

Elles dévient la lumière polarisée en général vers la gauche et d'une quantité variable pour chacune d'elles. Ce caractère est souvent le seul qui les différencie nettement les unes des autres.

La chaleur les décompose avec formation d'un grand nombre de substances diverses, eau, acide carbonique, ammoniaque et ammoniaques composées, carbures d'hydrogène, etc.

L'acide acétique concentré et l'acide phosphorique ordinaire ne les précipitent pas et les dissolvent lorsqu'elles sont coagulées. La dissolution précipite le cyanoferrure jaune de potassium, réaction qui distingue les matières albuminoïdes des tissus à gélatine.

L'acide chlorhydrique faible les gonfle et les dissout en partie. Concentrée, la dissolution est complète, et la solution se colore en bleu ou violet. Elle devient noire par un contact prolongé.

L'acide sulfurique concentré les gonfle et les transforme en produits bruns. Très-étendu et à l'ébullition, il les décompose en leucine, tyrosine et glycocolle.

L'acide sulfurique avec de l'eau sucrée les colore en rose.

L'acide sulfurique, additionné d'acide molybdique, colore les matières albuminoïdes solides en bleu intense ; cette réaction est très-nette pour les fruits des graminées et les fibres musculaires.

L'acide nitrique monohydraté les colore en jaune et les transforme complétement en acide xanthoprotéique; la teinte passe à l'orangé sous l'influence de l'ammoniaque. Une dissolution acide de nitrate de mercure développe par la chaleur une coloration rouge foncée (réactif de Millon).

Les alcalis dissolvent les matières albuminoïdes et, par l'ébullition, en dégagent le soufre à l'état de sulfure et d'hyposulfite. Par l'addition d'un acide, on précipite une substance privée de soufre, à laquelle Mulder a donné le nom de protéine, et qu'il a regardée comme la base de toutes les matières albuminoïdes, d'où le nom de matières protéiques sous lequel on les désigne encore quelquefois.

Traitées par les agents d'oxydation énergiques, tels que le peroxyde de manganèse, ou le bichromate de potasse et l'acide sulfurique, elles fournissent deux espèces de dérivés, les uns se rattachant à la série benzoïque, acide et hydrure ; l'autre à la série acétique, depuis l'acide formique jusqu'à l'acide caproique et caprylique, et les hydrures et les nitriles correspondants.

Sous l'influence du suc gastrique, naturel ou artificiel, dans la cavité stomacale ou au dehors, les matières albuminoïdes se transforment en peptone ou albuminose.

Origine. — Les matières albuminoïdes tirent leur origine du règne végétal, qui les crée à l'aide des éléments minéraux. Introduites comme aliment dans l'estomac des animaux, elles y éprouvent des modifications, des changements qui les rendent assimilables. Elles ne s'éliminent jamais à l'état sain, sans avoir subi de nombreuses modifications. Une partie du carbone et de l'hydrogène complétement oxydé est rejetée sous forme d'eau et d'acide carbonique ; une autre partie, brûlée moins complétement, s'élimine avec l'azote à l'état d'urée, d'acide urique, de créatine, etc., par diverses sécrétions.

DE LA DIGESTION

La classification des substances qui entrent dans la composition des tissus et des liquides de l'organisme s'applique également à celle des matériaux destinés à les renouveler. Les aliments peuvent donc se ranger en matières quaternaires azotées, telles que l'albumine et ses congénères, en matières ternaires non azotées, sucres et graisses, et en matières minérales. Les uns sont directement assimilables ; les autres ont besoin pour le devenir de subir des transformations diverses. Ces changements s'opèrent dans le canal intestinal, et leur ensemble porte le nom de phénomènes chimiques de la digestion.

On aura donc à étudier successivement la composition chimique des liquides sécrétés par les glandes annexées au tube digestif, l'action que chacun d'eux

fait éprouver aux divers ordres d'aliments, et à rechercher les métamorphoses régressives qui s'opèrent en même temps et amènent le rejet par l'intestin des matériaux devenus impropres à la nutrition des organes.

SALIVE

La salive est un produit de la sécrétion des glandes salivaires et du mucus buccal.

Les glandes de la bouche sont très-nombreuses.

Les glandes salivaires proprement dites sont au nombre de six, placées symétriquement par paire des deux côtés de la bouche. Toutes sont des glandes en grappes composées, formant des lobes subdivisés eux-mêmes en lobules, finalement en groupes d'acini et possédant un conduit excréteur. Ce sont la glande sous-maxillaire et le conduit de Warthon, la glande sublinguale et les conduits de Rivimus et de Bartholin, la glande parotide et le conduit de Sténon.

Les autres glandes de la bouche sont subjacentes à la muqueuse et tellement nombreuses, qu'elles semblent sur certains points former un tout continu. Elles sont formées d'un certain nombre de lobules glandulaires et d'un conduit excréteur ramifié.

Chacune de ces glandes sécrète un liquide différent. L'ensemble de tous leurs produits réunis au mucus buccal forme la salive mixte.

Salive sous-maxillaire. — La salive sous-maxillaire, fournie par la glande de ce nom, s'obtient en intro-

duisant dans le canal de Warthon d'un animal mis en expérience une canule en argent.

Une petite quantité d'une salive trouble et contenant des éléments anatomiques détachés mécaniquement apparaît d'abord; puis la sécrétion s'arrête. La salive proprement dite ne commence à couler que lorsqu'on place des aliments devant l'animal. On active sa production par l'excitation mécanique de la bouche en mâchant du poivre, du caoutchouc, ou mieux encore en aspirant des vapeurs d'alcool ou d'éther qui ne modifient pas la nature de la sécrétion.

On peut aussi l'obtenir par l'excitation directe des nerfs qui se rendent aux glandes sous-maxillaires. On sait que ces nerfs viennent de trois sources :

1° Une branche de la corde du tympan, rameau du facial mêlé à un petit filet du trijumeau, qui, après avoir accompagné quelque temps le nerf lingual, l'abandonne pour se porter dans la glande;

2° Les rameaux venus du ganglion sous-maxillaire, qui pénètrent dans la glande avec les rameaux de la corde du tympan, et que l'on peut exciter, même après la section du facial et du trijumeau, en irritant le lingual ou la langue elle-même;

3° Les nerfs venus du plexus sympathique, qui pénètrent avec les artères.

L'excitation de ces différents nerfs amène une sécrétion de la glande, mais la nature et les propriétés du produit varient suivant le nerf sur lequel a porté l'excitation.

On a donc à considérer la salive qui s'écoule par

l'excitation de la corde du tympan, et des filets qui viennent du ganglion sous-maxillaire ;

Celle qui résulte de l'excitation du plexus sympathique;

Celle qui se produit dans la paralysie des nerfs.

Salive de la corde du tympan. — La salive que l'on recueille après la section de la corde du tympan est un liquide limpide, dépourvu de lamelles d'épithélium, d'une réaction alcaline, devenant difficilement spumeux lorsqu'on l'agite au contact de l'air, d'une densité de 1,0039 à 1,0056, contenant, d'après Eckhard, 1,2 à 1,4 pour 100 de résidu solide.

Elle renferme dans sa composition des matières albuminoïdes, globuline et albumine, et de la mucine. La globuline se dépose par le passage d'un courant d'acide carbonique dans cette salive étendue d'eau. L'albumine se précipite dans la solution filtrée par l'addition d'acide nitrique. La mucine est un élément constant de la sécrétion de la salive sous-maxillaire, elle se dépose lorsqu'on ajoute de l'acide acétique en flocons insolubles dans un excès, soluble dans les acides nitrique et chlorhydrique et dans les alcalis.

Les sels minéraux sont des chlorures alcalins, phosphate de sodium et de magnésium. Une partie des bases se trouve, soit combinée aux matières organiques, soit à l'état de bicarbonate dissous dans un excès d'acide carbonique. Ce dernier acide, en s'évaporant, amène le dépôt du carbonate de calcium lorsque la salive abandonnée au contact de l'air perd l'acide carbonique qui le maintenait en dissolution. Elle con-

tient chez le chien 987 d'eau et 13 d'éléments solides suivant Eckhard.

D'après Kühne, les matières introduites artificiellement dans la circulation ne se rencontrent pas dans cette salive, sauf celles qui sont isomorphes avec les matières qui s'y rencontrent normalement. Ainsi le chlore peut s'y trouver partiellement remplacé par du brome et de l'iode, sans que la concentration de la salive en soit d'ailleurs modifiée.

Salive sympathique. — Jusqu'à présent, on n'a pu recueillir la salive sympathique que sur les animaux. On coupe les filets du grand sympathique, et on excite avec la pile leur bout périphérique. On obtient un liquide blanchâtre, trouble, renfermant un grand nombre de produits morphologiques, reconnaissables au microscope. Cette masse est très-visqueuse, en partie soluble, en partie insoluble dans l'acide acétique; elle paraît formée d'un mélange de mucine insoluble dans l'acide acétique et de matières albuminoïdes qui se coagulent par la chaleur. La salive sympathique est fortement alcaline; d'après Eckhard, chez le chien elle contient : eau 973.0, éléments solides 27.0.

La glande sous-maxillaire possède la composition suivante :

	JACUBOWITSCH.	
Eau	991,45	996,04
Éléments solides	8,55	3,96
Matières organiques	2,89	1,51
Sels solubles	4,50	2,45
Phosphate de magnésium	1,16	

Salive paralytique. — On l'obtient après la section

des différents nerfs qui se portent à la glande, ou après l'empoisonnement d'un animal par le curare. Cette sécrétion a alors lieu par l'action propre du ganglion sous-maxillaire et est indépendante de l'influence du centre nerveux cérébro-rachidien. Les caractères chimiques de la salive paralytique sont d'ailleurs encore peu connus.

Salive parotidienne. — La salive parotidienne s'obtient facilement à l'aide de fistules salivaires établies sur le trajet du canal de Sténon. Cette opération se fait avantageusement sur les herbivores, qui possèdent une glande beaucoup plus développée que les carnivores et fournissent plus de salive dans un temps donné. Chez l'homme, comme l'a montré M. Claude Bernard, puis Eckhardt, Ordenstein, on peut également se procurer de la salive parotidienne en plaçant une canule dans l'orifice buccal du conduit de Sténon.

On amène l'écoulement de la salive par l'excitation de la bouche à l'aide de substances irritantes, ou l'action d'un courant d'induction sur la muqueuse buccale.

La salive parotidienne est alcaline, claire, sans aucun élément morphologique. Elle se trouble par l'ébullition, et le précipité, quoique formé par une substance albuminoïde, se dissout dans l'acide nitrique comme le ferait un carbonate. Une autre partie des substances albuminoïdes reste en dissolution dans la liqueur alcaline et se comporte comme un albuminate.

La salive parotidienne, très-limpide, ne contient que

des traces de mucine que précipite l'acide acétique concentré. Lorsqu'on la sature exactement avec de l'acide acétique, elle donne un précipité de globuline insoluble dans un excès d'acide, et que l'on peut précipiter également par un courant d'acide carbonique.

Outre ces éléments communs aux salives parotidiennes des différents animaux, celle de l'homme contient du sulfocyanate de potassium. Vient-on, en effet, à ajouter à cette salive du perchlorure de fer, on obtient un précipité blanc de matières albuminoïdes coagulables et que surnage une liqueur colorée en rouge par le sulfocyanate de fer. On met mieux encore la présence de ce sel en évidence en distillant la salive sur de l'acide phosphorique et en recueillant les premières gouttes qui contiennent l'acide sulfocyanique. L'addition du perchlrure de fer le transforme en sulfocyanate de fer. Cette coloration rouge que prend la salive sous l'influence des sels de fer a été autrefois regardée comme provenant de l'action de l'acide acétique sur les sels de fer. Mais on sait que, si on chauffe une solution de sel ferrique dans l'acide acétique, la coloration disparaît et qu'elle persiste au contraire lorsqu'elle est due à du sulfocyanate de fer. Comme la teinte rouge que prend la salive sous l'influence d'un sel de fer résiste à l'action de la chaleur, on en conclut la présence du sulfocyanate de potassium, ce qui confirme d'ailleurs la présence du soufre dans les cendres de la liqueur distillée préalablement.

Ajoutons cependant que le sulfocyanate de potas-

sium disparaît dans certains états pathologiques des dents, de la muqueuse buccale, de la salive elle-même.

Abandonnée à elle-même, la salive parotidienne perd de l'acide carbonique et laisse déposer des cristaux de carbonate de calcium, cristallisés en rhomboèdres.

COMPOSITION DE LA SALIVE DE LA PAROTIDE

	DE L'HOMME.		DU CHIEN.	DU CHEVAL.
	Mitsscherlich.	Van Setten.	Jacubowitsch.	Lehmann.
Eau.	984,50	983,8	995,3	992,92
Éléments solides.	15,50	16,2	4,7	7,08
Ptyaline.	5,25	»	1,4	1,40
Extrait alcoolique. . . .	1,00	»		0,98
Épithélium et sels. . . .	0,05	»		1,24
Sels.	»	»	3,3	»
Sels alcalins des acides gras.	»	»	»	0,45

Salive mixte. — Le produit de la sécrétion des diverses glandes salivaires et buccales forme la salive mixte. Cette sécrétion ne se fait pas d'une manière régulière et uniforme, elle offre des intermittences et des variations perpétuelles; aussi la salive mixte a-t-elle une composition également variable, soit dans le nombre, soit dans la proportion des éléments.

Composition de la salive mixte. — On y distingue au microscope, d'après Kölliker, des cellules d'épithélium provenant des glandes de la muqueuse et des corpuscules muqueux. Quelques substances s'y rencontrent d'une manière constante. Eau, mucine, albumine, ptyaline, matières grasses, sulfocyanate de

potassium, des sels inorganiques, chlorure de sodium, chlorure de potassium, phosphates alcalins et terreux, phosphate de fer.

	Simon.	Berzelius.	Frerichs.	Jacubowitsch.	Lehman.
Eau.	991,22	992,9	994,10	995,16	994,06
Éléments solides. . .	8,78	7,1	5,90	4,84	5,94
Éléments de la glande, ptyaline.	4,37	2,9	1.42	1,34	»
Mucus et épithélium. .	1;40	1,4	2,13	1,62	»
Graisse.	0,32	»	0,07	»	»
Sulfocyanate de potassium.	»	»	0,10	0,06	0,07
Extrait aqueux et sels.	2,45	»	»	»	»
Extrait alcoolique. . .	»	0,9	»	»	»
Chlorures alcalins. . .	»	»	»	0,84	»
Phosphate de sodium.	»	»	»	0,94	»
Sulfate de sodium.. .	»	»	»	»	»
Chaux fixée à la matière organique.	»	»	»	0,03	»
Magnésie, *id*.	»	»	»	0,01	»
Phosphate terreux et de fer.	»	»	»	»	»
Mélange de sels. . . .	»	»	2,19	1,82	»

Gaz de la salive. — Pfluger détermina la quantité de gaz contenue dans la salive. Il la recueillit en évitant le contact de l'air et l'analysa sur la pompe à mercure. Quand tous les gaz furent dégagés, il ajouta de l'acide phosphorique et recueillit l'acide carbonique que l'action du vide n'avait pas suffi pour entraîner. Il trouva les chiffres suivants :

A 0 ET A 1 MÈTRE DE PRESSION.	1re EXPÉRIENCE.	2e EXPÉRIENCE.
	—	—
Poids de la salive.	36,559	33,027
Oxygène pour 100cc de salive.	0,4	0,6
Acide carbonique dégagé par le vide. . .	19,3	22,5
Acide carbonique dégagé par l'addition d'acide phosphorique.	29,9	42,2
Somme de l'acide carbonique.	49,2	64,7
Azote.	0,7	0,8

Fonction de la salive. — La salive contient de l'eau. Cette eau agit comme agent mécanique pour former le bol alimentaire, comme agent chimique pour dissoudre les substances solubles destinées à être absorbées. La salive possède de plus une alcalinité qui, quoique très-faible lui donne cependant une action réelle sur quelques matières albuminoïdes ; elle tend à les émulsionner. Mais son principal rôle est d'agir sur les matières amylacées par un ferment particulier, la ptyaline, et de convertir ces principes insolubles en produits solubles et facilement assimilables,

Action de la salive sur l'amidon. — La salive a la propriété de réagir sur l'amidon et de le transformer en dextrine et en sucre.

On sait que l'amidon cru est formé de couches concentriques superposées les unes aux autres, d'une même composition, mais d'une condensation différente, et attaquées d'autant plus difficilement par les réactifs qu'elles sont plus centrales. On crut même pouvoir admettre une différence entre l'enveloppe et le noyau d'amidon : la première se colorant en bleu sous l'influence de la teinture d'iode, le noyau ne prenant une teinte bleue que par l'action de l'acide sulfurique et du chlorure de zinc iodé. Aujourd'hui, on regarde généralement la diversité de ces réactions comme l'effet de simples variations de densité entre les couches superficielles et profondes.

La salive au contact de l'amidon, à la température de 35°, attaque les couches superficielles et les transforme, selon la théorie de M. Musculus, en dextrine et

en glucose ; si on élève la température à 45°, on obtient, en ajoutant au mélange de nouvelle salive, la dissolution et le dédoublement des parties centrales même les plus résistantes.

La réaction de la salive sur l'amidon en est assez lente; celle qu'elle produit sur l'amidon cuit ou empois est pour ainsi dire instantanée. Il suffit de mâcher quelques instants du pain azyme pour constater la présence du sucre dans la salive. Cette action est due à un ferment particulier isolé par M. Mialhe, la ptyaline.

Préparation de la ptyaline. — On verse dans une solution de salive une petite quantité d'acide phosphorique ordinaire et on ajoute ensuite de l'eau de chaux. L'acide phosphorique se précipite à l'état de phosphate de calcium, en entraînant mécaniquement avec lui la mucine, l'albumine et la ptyaline. On recueille le précipité sur un filtre et on traite par l'eau distillée qui dissout seulement la ptyaline. On ajoute à la dissolution filtrée de l'alcool absolu et on obtient un précipité blanc floconneux qui, desséché dans le vide sur l'acide sulfurique, fournit une poudre blanche pulvérente de ptyaline contenant encore des traces de phosphates alcalins. On la purifie par des dissolutions dans l'eau et des précipitations par l'alcool plusieurs fois répétées.

La ptyaline est une substance azotée, différente de l'albumine, ne pouvant comme cette dernière donner de l'acide xanthoprotéique, lorsqu'on la traite par l'acide nitrique et caractérisée par la transformation qu'elle fait éprouver à l'amidon.

Cette dernière réaction ne s'effectue pas si les dissolutions sont trop acides ou trop alcalines, mais elle se reproduit de nouveau, ainsi que l'a constaté M. Claude Bernard, si on neutralise la liqueur. Elle s'arrête également quand les dissolutions sont trop chargées de sucre ou de dextrine, 1,50 à 2,50 pour 100, et reprend dès qu'on les étend avec une plus grande quantité d'eau. La puissance de saccharification de la ptyaline se caractérise donc moins par la quantité d'amidon qu'elle peut dédoubler que par la rapidité avec laquelle s'effectue cette transformation.

La ptyaline est un ferment analogue à la diastase et à l'émulsine.

Salive pathologique. — La salive change d'aspect et de composition dans divers états pathologiques. Elle prend quelquefois une réaction acide, fait constaté sur des fistules du canal de Sténon. Cette réaction se trouve dans le muguet. Les bromures, les iodures s'éliminent par la salive comme par la plupart des sécrétions. L'urée, la matière colorante de la bile s'y rencontrent aussi quelquefois. Le sucre, d'après M. Claude Bernard, fait exception à cette règle. Celui qui se trouve parmi les produits de la sécrétion buccale dans la glucosurie, vient du mucus bronchique.

Les substances étrangères, introduites comme aliments dans la cavité buccale, séjournent quelquefois sur certains points des gencives et des espaces qui séparent les dents. D'après M. Magitot[1], elles ne tar-

[1] Magitot, *Études et expériences sur la salive.* (*Mémoires de la Société de biologie,* t. III, IV[e] série, 1866.)

dent pas à se décomposer et agissent alors comme des ferments avec une énergie d'autant plus grande que la salive est plus acide. Les divers acides qui prennent naissance, lactique, butyrique, etc., agissent directement sur les dents et en déterminent la carie, laquelle n'est autre que la dissolution des sels calcaires du tissu dentaire par un élément acide développé ou amené à leur contact.

Les métaux, le mercure en particulier, ne se trouvent pas dans la salive sous-maxillaire, même dans les cas de salivation mercurielle. Il y a, dans ces circonstances, sécrétion anormale, développement et chute d'une quantité considérable de l'épithélium qui tapisse la bouche et les extrémités des conduits salivaires. Le mercure s'élimine combiné avec ces éléments solides. Pour trouver le mercure dans ces recherches, on fait bouillir dans un ballon la matière organique mercurielle avec de l'acide chlorhydrique et du chlorate de potassium, et on évapore le liquide presque à sec. On place la matière sur un dialyseur en papier parchemin et on soumet la substance à l'électrolyse avec une pile dont le pôle positif, formé d'un fil de platine, plonge dans le liquide du dyaliseur, et le pôle négatif, formé d'une lame d'or, dans l'eau du vase situé au-dessous, légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique. S'il y a du mercure dans le liquide essayé, la lame d'or se couvre de globules mercuriels visibles à la loupe, que l'on peut volatiliser dans un tube et transformer en iodure de mercure, en le chauffant avec un peu d'iode.

Calculs salivaires. — La salive parotidienne abandonnée au repos laisse déposer des cristaux de carbonate de calcium cristallisé. M. Bernard admet que ce dépôt est dû au dédoublement du bicarbonate de calcium soluble en carbonate de calcium et en acide carbonique qui se dégage. Lehmann pense au contraire que la chaux est dissoute dans la salive par suite de sa combinaison avec les matières organiques, et que les dépôts sont le résultat d'une décomposition produite sous l'influence de l'acide carbonique de l'air. Par suite de l'altération de la salive et des dépôts gengivo-dentaires, on trouve souvent dans la bouche des concrétions connues sous le nom de tartre. Le tartre contient des phosphates terreux de carbonate de calcium, des phosphates de fer et de la silice. Ces deux dernières substances se rencontrent surtout dans le tartre des molaires, qui provient en grande partie de la salive parotidienne. Le carbonate de calcium prédomine un peu dans le tartre des incisives, produit de décomposition de la salive sous-maxillaire et sublinguale. La magnésie n'y existe qu'en quantité insignifiante.

ANALYSE DU TARTRE (VERGNES).

	TARTRE DES INCISIVES.		TARTRE DES MOLAIRES.	
Matières organiques.	24,69	27,98	24,40	24,01
Sels alcalins.	»	0,14	»	0,31
Carbonate de calcium.	8,48	8,12	7,36	8,01
Silice.	0,21	0,21	0,37	0,38
Phosphate de fer.	2,72	0,82	12,74	4,01
Phosphate de calcium.	63,88	62,56	55,11	63,12

SUC GASTRIQUE

Les aliments traversent le pharynx et l'œsophage sans éprouver d'autres changements que ceux apportés par l'action prolongée de la salive, et pénètrent dans l'estomac, où ils subissent de nouvelles transformations.

Le suc gastrique est l'agent de la digestion stomacale. Tel qu'on le rencontre dans l'estomac, il représente un liquide complexe où se trouvent à la fois la salive introduite par la déglutition et les produits de sécrétion fournis par les glandes de la muqueuse gastrique.

Ces glandes sont de deux ordres : les glandes à pepsine et les glandes muqueuses. Les glandes à pepsine ou gastriques forment des tubes simples ou composés de 1/2 à 1/4 de millimètre de longueur, tapissés d'abord d'épithélium cylindrique qui fait suite à celui de la muqueuse, puis d'épithélium pavimenteux, ou plus exactement de granulations épithéliales avec des granulations particulières. Elles fournissent le suc gastrique. Les glandes muqueuses sont recouvertes d'épithélium cylindrique dans toute leur étendue et sécrètent le mucus. Chez l'homme et la plupart des animaux, les follicules gastriques sont situés dans la portion cardiaque de l'estomac et vers la grande courbure, les glandes muqueuses, surtout près du pylore. Schiff, en faisant des expériences comparatives sur les muqueuses cardiaque et pylorique de l'estomac, a vu

que cette dernière ne renfermait pas, comme l'autre, un produit capable d'amener la digestion de l'albumine cuite. Kölliker a fait les mêmes observations sur l'estomac d'un porc.

Ces deux sécrétions, mucus et suc gastrique, peuvent avoir lieu d'une manière alternative ou simultanée. On constate facilement la prédominance de l'une sur l'autre par la réaction de l'estomac sur un papier de tournesol. Le mucus est alcalin, le suc gastrique toujours acide. Ces deux sécrétions sont indépendantes l'une de l'autre. Quand l'estomac a été longtemps privé d'aliments, la sécrétion du mucus s'effectue seule; le liquide produit s'unit à la salive et donne à l'organe une réaction alcaline. De même, après la section du pneumogastrique, M. Claude Bernard a vu cesser la sécrétion acide et prédominer la sécrétion alcaline. Ce changement de réaction ne tient pas à un changement dans les propriétés du suc gastrique, mais à l'excès de la sécrétion muqueuse, et il prouve manifestement l'indépendance des deux sécrétions.

La sécrétion du suc gastrique est intermittente. Elle commence dès que les aliments sont introduits dans l'estomac, et s'arrête dès que l'organe est vide.

La quantité de suc gastrique, sécretée en vingt-quatre heures, est variable et encore imparfaitement connue. D'après Lehmann, un chien en sécrète en vingt-quatre heures une quantité équivalent au dixième de son poids ; cette proportion donnerait pour un homme 5 ou 6 kilogrammes par jour ; une observation directe faite

sur une femme ferait admettre que le poids du suc gastrique produit en vingt-quatre heures atteint le quart du poids du corps. M. Corvisart dit qu'un chien de 10 kilogrammes sécrète à chacun de ses repas 250 grammes de suc gastrique, c'est-à-dire 500 grammes par jour, soit 50 à 60 grammes de suc gastrique par kilogramme de son propre poids. Ces expériences ne donnent pas la quantité réelle de suc gastrique actif; elles ne fournissent que le poids du mélange des divers produits de la sécrétion gastrique et salivaire. La sécrétion du suc gastrique augmente par l'action du courant galvanique fréquemment interrompu, d'après M. Longet. Elle s'exagère surtout sous l'influence de certaines substances introduites dans l'estomac, particulièrement des sels alcalins. C'est ainsi que la salive alcaline, en pénétrant dans l'estomac, devient au moment de la digestion une des causes les plus actives de la sécrétion du suc gastrique.

Spallanzani et Réaumur se procurèrent du suc gastrique, en introduisant des éponges dans l'estomac d'animaux, et ils les retiraient lorsqu'elles en étaient complétement imbibées. Tiedemann et Gmelin firent avaler aux animaux des corps irritants et insolubles et les sacrifièrent quelque temps après. Ils purent se procurer ainsi du suc gastrique impur, et étudier quelques-unes de ses propriétés. Mais les observations les plus importantes furent faites par Beaumont sur un chasseur canadien atteint de fistule gastrique. On parvint depuis à établir artificiellement des fistules gastriques sur les animaux. Les procédés à sui-

vre ont surtout été indiqués par MM. Blondlot et Claude Bernard.

M. Cl. Bernard opère de la manière suivante :

On fait prendre à un chien un repas très-copieux, de manière à distendre considérablement son estomac et de façon que le viscère touche les parois de l'abdomen et que le rapport qui existe entre ces deux parois soit normal. Ensuite, l'animal étant couché sur le dos, on fait une incision à 3 centimètres au-dessous de l'appendice xiphoïde sur le bord du muscle droit du côté gauche. Cette incision ne doit avoir que 2 à 3 centimètres au plus. Immédiatement après l'incision, on aperçoit la paroi de l'estomac collée contre la paroi de l'abdomen, on la saisit avec une érigne, on l'attire dans la plaie, on passe une aiguille avec un fil, et ensuite on fait une ponction à la paroi de l'estomac. Alors, avec deux érignes placées aux deux angles de la plaie, on maintient l'estomac soulevé, et l'ouverture tendue comme une boutonnière pendant qu'on y introduit avec force le rebord de la canule. On fait rentrer la canule dans le ventre, et il suffit ensuite d'un ou deux points de suture pour réunir la plaie, et la canule reste fixée en place. On a soin que le fil qui maintient l'estomac soit passé et lié de manière que les parois de l'estomac restent collées aux parois de l'abdomen. En quelques jours les adhérences sont établies de telle façon que la cavité stomacale communique avec l'extérieur, à l'aide d'une sorte d'infundibulum qui contient la canule. On ajuste à la ca-

nule une petite vessie de caoutchouc dans laquelle tombe peu à peu le suc gastrique.

Le suc gastrique coule toutes les fois que l'animal prend des aliments, et la sécrétion s'arrête pendant la vacuité de l'estomac. Mais le liquide stomacal se trouve toujours alors mêlé à de la salive. Pour l'obtenir pur, il suffit d'irriter mécaniquement avec une barbe de plume la muqueuse de l'estomac d'un chien à jeun depuis vingt-quatre heures. On peut employer également, comme agent d'excitation, une injection d'alcool et d'éther, de l'eau froide, une dissolution alcaline à condition, dans ce dernier cas, de rejeter les premiers produits. On recueille le liquide sécrété sans avoir à craindre la présence de la salive qui d'ailleurs se reconnaît aux stries muqueuses et spumescentes qu'elle forme dans le suc gastrique.

Propriétés. — Le suc gastrique est un liquide transparent, fluide, incolore ou légèrement jaunâtre, d'une odeur faible et particulière, d'une saveur acide et saline peu prononcée. Sa densité, 1,001 à 1,010. Il contient environ 1 pour 100 d'éléments solides chez l'homme et 3 pour 100 chez le chien. Il possède une réaction fortement acide et il se trouble à peine par l'ébullition, mais il perd alors ses propriétés digestives. Il peut être congelé et redevient actif lorsqu'on le porte de nouveau à 38° centigrades. Il s'altère peu au contact de l'air et peut être conservé assez longtemps sans décomposition.

ANALYSE DE SCHMIDT.

	HOMME.	CHIEN.		MOUTON.
	Suc gastrique contenant de la salive. — Moyenne de deux analyses.	Suc gastrique ne contenant pas de salive. — Moyenne de neuf analyses.	Suc gastrique contenant de la salive. — Moyenne de trois analyses.	
Eau	994,40	973,0	971,2	986,15
Matières grasses	5,60	27,0	28,8	13,83
— organiques	3,19	17,1	17,3	4,05
Chlorure de sodium	1,46	2,5	3,1	4,36
— de potassium	0,55	1,1	1,1	1,52
— de calcium	0,06	0,6	1,7	0,11
— d'ammonium	»	0,5	0,5	0,47
Acide chlorhydrique libre	0,20	3,1	2,3	1,23
Phosphate de calcium		1,7	2,3	1 18
— de magnésium	0,12	0,2	0,3	0,57
— de fer		0,1	0,1	0,35

ANALYSE DE M. CLAUDE BERNARD[1]

		DE CHIEN. — Sans salive.	DE CHIEN. — Avec salive.		DE MOUTON. — Avec salive.		D'HOMME. — Avec salive.	
Eau		973,062	971,171		986,147		,595	
Matières solides	Ferment, etc.	17,127	17,536	28,829	4,055	13,853	36,603	43,405
	Matières inorganiques.	9,811	11,495		9,798		6,802	

Les matières inorganiques sont :

Acide chlorhydrique	3,050	2,337	1,234	»
Chlorure de potassium	1,125	1,073	1,518	»
— de sodium	2,507	3,147	4,369	4,635
— de calcium	0,624	1,661	0,114	»
— d'ammonium	0,468	0,537	0,468	»
Phosphate de calcium	1,729	2,294	1,182	0,961
— de magnésium	0,226	0,323	0,377	0,260
— de fer	0,082	0,121	0,331	0,006
Matière organique retenue par la potasse	»	»	»	0,363

[1] Cl. Bernard, *Leçons de physiologie*, t. II, p. 392.

La nature de l'acide qui donne au suc gastrique sa réaction particulière est depuis longtemps l'objet d'opinions contradictoires.

Proust admit le premier la présence de l'acide chlorhydrique libre. Blondlot pensa qu'il n'y avait pas d'acide libre, mais du phosphate acide de calcium; il se basait principalement sur la non-possibilité de saturer l'acide du suc gastrique par du carbonate de calcium. Mais l'exactitude de ce fait n'a pas été confirmée par Schiff. Cependant le biphosphate de calcium se rencontre toujours, d'après Lehmann, chez les chiens qui ont été nourris avec des os.

MM. Bernard et Barreswill cherchèrent à démontrer que l'acide libre du suc gastrique est l'acide lactique. Lorsqu'on ajoute en effet à du suc gastrique qui, comme on sait, contient toujours des sels solubles de calcium, une proportion minime d'acide oxalique, on obtient un trouble produit par de l'oxalate de calcium insoluble dans le suc gastrique, tandis que la même quantité de ce réactif ne produit aucun trouble dans de l'eau contenant 2 millièmes d'acide chlorhydrique. Cette expérience prouve qu'il ne peut y avoir d'acide chlorhydrique libre dans l'estomac.

De plus, lorsqu'on distille une dissolution très-étendue de chlorure de sodium avec de l'acide lactique, on recueille successivement trois produits distincts, de l'eau, un acide ne précipitant pas les sels d'argent, et enfin de l'acide chlorhydrique dans les dernières gouttes de liquide. Ce dernier produit n'est donc que le résultat de la décomposition du chlorure de sodium

par l'acide lactique. Le produit intermédiaire est le principal; il donne les réactions de l'acide lactique.

L'expérience suivante, due à Schmidt, semble prouver cependant que l'acide chlorhydrique se trouve à l'état libre dans le suc gastrique. On détermine le poids de chlorure d'argent que peuvent donner 100 grammes de suc gastrique fortement acidulé par l'acide azotique et précipité par l'azotate d'argent; on enlève l'excès de sel d'argent par l'acide chlorhydrique, on évapore à sec le liquide filtré, on le calcine de manière à extraire toutes les matières organiques et on dose toutes les bases. On détermine ensuite par le calcul la quantité d'acide chlorhydrique nécessaire pour saturer ces bases, et on trouve un chiffre toujours plus petit que celui trouvé expérimentalement par la pesée du chlorure d'argent. On en conclut, par conséquent, qu'il y a un excès d'acide chlorhydrique dans l'estomac.

Pour savoir s'il y a dans le suc gastrique un acide libre autre que l'acide chlorhydrique, on dose la quantité d'acide libre que contient l'organe à l'aide d'une dissolution titrée de potasse. On trouve ainsi un chiffre sensiblement égal à celui fourni par la méthode précédente. On a donc une nouvelle preuve que l'acide de l'estomac est de l'acide chlorhydrique et n'est que de l'acide chlorhydrique. Cependant, dans quelques expériences de Schmidt, un petit désaccord dans la comparaison des chiffres doit faire admettre l'existence de traces d'un acide différent, peut-être d'acide lactique.

Pour expliquer dans cette théorie les faits rapportés par MM. Bernard et Barreswill, il faut supposer que la différence dans les réactions tient à la présence des matières albuminoïdes qui ont masqué ou modifié dans leurs expériences les propriétés ordinaires de l'acide chlorhydrique ; mais cette assertion aurait besoin de preuves.

Préparation de la pepsine pure.—Brücke a donné le procédé suivant pour obtenir la pepsine pure. La muqueuse de l'estomac est lavée avec de l'eau, broyée et mise en digestion avec de l'acide phosphorique ordinaire à 38°, jusqu'à ce que toute la substance de l'estomac soit détruite. Le liquide filtré est neutralisé complétement avec de l'eau de chaux. Le phosphate de calcium, en se précipitant, entraîne avec lui la pepsine ; on lave le précipité avec soin, puis on le dissout dans l'acide chlorhydrique étendu. On ajoute alors au liquide obtenu une dissolution concentrée de cholestérine dans quatre parties d'alcool et une d'éther. La cholestérine se précipite et entraîne avec elle la pepsine. On filtre, on lave le précipité avec de l'eau, puis avec de l'acide acétique très-étendu, puis encore avec de l'eau, jusqu'à ce que l'addition d'un sel d'argent, n'amenant plus de trouble dans les eaux de lavage, indique qu'il n'y a plus d'acide chlorhydrique libre. La masse de cholestérine est alors épuisée par l'éther aqueux tant que ce véhicule enlève des produits solubles. La dissolution aqueuse qui reste filtrée est une solution de pepsine pure qui, additionnée avec de l'acide chlorhydrique très-étendu, dissout

très-facilement les matières albuminoïdes, ne précipite ni par l'azotate d'argent, ni par le bichlorure de mercure, le tannin, l'iode. Bouillie avec de l'acide azotique et saturée avec de l'ammoniaque, elle ne se colore pas en jaune. L'acétate de plomb et le chlorure de platine la précipitent. Le charbon animal, le phosphate de calcium enlèvent la pepsine de ses solutions.

Wittich[1] obtient une pepsine très-active en traitant à deux reprises les parois de l'estomac par de la glycérine ; il précipite la pepsine en ajoutant de l'alcool. Ainsi préparée, elle se dissout facilement dans les acides et jouit d'un pouvoir digestif considérable.

Rôle de la pepsine. — La pepsine additionnée d'une petite quantité d'acide chlorhydrique étendu donne un liquide digestif artificiel. Ce produit ne manifeste aucune action sur les tissus cornés, les membranes élastiques, les matières grasses, l'amidon. Il agit comme simple dissolvant sur les hydrates de carbone solubles dans l'eau, le sucre, la dextrine, les gommes, les sels alcalins, les phosphates alcalins. Il décompose les sels dont les acides sont faibles ou volatils. Il transforme chimiquement et agit comme dissolvant sur les albuminates solubles et coagulés, sur les matières albuminoïdes, la gélatine et les éléments gélatiniformes.

Les matières albuminoïdes se dissolvent dans le suc gastrique ou le suc digestif artificiel, après avoir subi

[1] Wittich, *Ueber eine neue Methode zur Darstellung kunstlichen Verdauunsflüssigkeiten Pfluger.* (*Arch. f. d. Physiol.*, s. 193, 1869.)

des changements successifs et s'être transformées en substances isomériques découvertes d'abord par M. Mialhe et décrites sous le nom d'albuminose, et par Lehmann sous celui de peptone.

Brücke et Meissner ont proposé chacun une théorie pour expliquer les modifications des matières albuminoïdes en présence du suc gastrique.

Brücke n'admet que deux stades dans les digestions. Les matières albuminoïdes se transforment d'abord en syntonine accompagnée d'une faible proportion de peptone, puis, par une action plus prolongée, toute la syntonine se transforme en peptone.

Tous les éléments albuminoïdes[1] ne sont pas cependant transformés en peptone. Outre la syntonine, qu'il regarde comme identique avec la parapeptone de Meissner, il reconnaît encore dans l'estomac et le canal intestinal d'animaux nourris avec de la viande fraîche la présence d'albumine soluble coagulable par l'action de la chaleur.

Meissner admet que l'action du suc gastrique sur l'albumine produit un corps particulier, la parapeptone, identique par toutes ses propriétés avec la syntonine, sauf par son action sur le suc gastrique qui la rend en partie insoluble et la transforme en dyspeptone. Dans la dissolution filtrée, l'acide chlorhydrique faible précipite les métapeptones, et le liquide contient trois peptones *a—b—c*.

[1] Brücke, *Ueber die Peptontheorie und die aufsaugung der eiweissartigen Substanzen.* (*Sitzungsbr. der Wien Akad.*, Bd. L. IX — II, 15 april.)

L'action prolongée du suc gastrique transforme donc la parapeptone en dyspeptone, précipité floconneux qui naît aussi pendant la digestion de la caséine. Meissner et de Bary la considèrent comme une modification de la parapeptone. La digestion définitive de la parapeptone, c'est-à-dire sa transformation en peptone, n'a lieu que dans l'intestin.

La métapeptone est le précipité qui se forme dans les dissolutions acides des liquides digestifs par l'addition d'une solution acide plus concentrée. Restée en dissolution avec les peptones dans le liquide parfaitement neutralisé et débarrassé de la parapeptone par la filtration, la métapeptone est précipitée dès qu'on ajoute un acide, et se redissout dans un excès. Les acides minéraux concentrés la précipitent définitivement. L'action prolongée du suc gastrique la transforme en peptone.

La parapeptone se dépose lorsqu'on neutralise les dissolutions acides et opalescentes des matières albuminoïdes. Elle est insoluble dans l'eau, se dissout dans les acides étendus. Ses dissolutions ne sont pas précipitées par l'alcool, mais facilement par les sels terreux. Dans une solution acétique de parapeptone, le ferrocyanure de potassium, les sels métalliques, le tannin font naître ces précipités.

La peptone *a* se précipite par l'acide azotique concentré, par le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique. La peptone *b* ne précipite pas par l'acide azotique et se trouble par l'acide acétique et le ferrocyanure de potassium. La peptone *c* se trouble par l'acide

azotique et ne précipite pas par le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique.

Schiff[1] a toujours trouvé la parapeptone et les peptones *b* et *c* comme produits de la digestion naturelle chez l'animal vivant. Dans les digestions artificielles, au contraire, faites avec un estomac bien chargé et infusé, il arrive un moment où le liquide ne contient plus les peptones *a* et *b*, mais seulement la forme *c* qui paraît être, avec la parapeptone, le produit définitif de la digestion stomacale.

On obtient les digestions artificielles les plus complètes en faisant passer par dialyse le produit liquide d'une première élaboration peptique dans de l'eau légèrement acidulée et en traitant ce liquide par une infusion stomacale fraîche riche en suc gastrique actif, le tout étant ensuite remis à l'étuve pendant plusieurs heures. Les peptones *b* et *c*, ainsi que la parapeptone, passent très-facilement par le dialyseur; pendant la durée de la seconde digestion, la peptone *b* diminue de plus en plus et il ne reste finalement que la peptone *c* et la parapeptone.

L'albumine crue ne peut être digérée sans se transformer préalablement en syntonine. Ce changement a lieu par l'influence seule des acides plus rapidement que par le suc gastrique. L'albumine coagulée s'attaque à la longue par l'action du même agent, jaunit à la surface, prend un aspect pultacé, se ramollit et finit par se dissoudre. Meissner a trouvé qu'elle se

[1] Schiff, *Leçons sur la physiologie de la digestion*, 1867, 1 vol., p. 401.

transforme un quart en parapeptone, un quart en peptone, un quart en éléments divers parmi lesquels se trouvent la créatine et l'acide lactique. Les albuminates alcalins et la caséine se décomposent sous l'influence de l'acide du suc gastrique, et le précipité se redissout ensuite pour se troubler plus tard par suite de formation de dyspeptone. 100 parties fournissent 78 de peptone et de métapeptone, 2 de parapeptone et 20 de dyspeptone.

La fibrine se gonfle dans les acides étendus et se dissout en une journée à la température de 20°, plus rapidement à 60°. Elle se forme dans le liquide digestif et donne naissance à une dissolution opalescente qui ne se trouble pas par la chaleur, mais qui précipite par l'ébullition avec les dissolutions des sels alcalins neutres, avec l'acide azotique et le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique, en produisant une masse floconneuse facilement soluble dans les acides étendus. Ces caractères la font identifier par Schwann et Mulder avec la syntonine. Par l'action du liquide digestif, la syntonine fournit 45 parties de peptone et de métapeptone et 18 de parapeptone.

Le gluten et les matières albuminoïdes végétales se dissolvent plus rapidement dans le suc gastrique qui renferme plus d'acide libre.

La différence des résultats obtenus par Brücke et par Meissner sur la digestion des matières albuminoïdes tient, d'après Hammarstens[1], à la nature de la

[1] Hammarstens, *Jahresbericht fur Anatomie et Physiologie*, 1867, p. 153.

pepsine dont ils ont fait usage. Lorsqu'on se sert de la pepsine impure du commerce, souvent mêlée avec de grandes quantités d'amidon, la dissolution que l'on obtient avec l'albumine de l'œuf contient beaucoup de parapeptone qui ne se dissout pas par une nouvelle addition de suc gastrique. Bien au contraire, la pepsine pure peut transformer l'albumine de l'œuf en peptone sans trace de parapeptone.

Action de l'acide pendant la digestion.—La digestion a-t-elle lieu par l'action de l'acide du suc gastrique seul? L'expérience doit se faire avec de l'acide chlorhydrique à 4 millièmes, qui ne précipite pas l'albumine ou les autres acides également très-étendus. Ces acides en contact avec de l'albumine crue donnent, soit à la température ambiante, soit plus rapidement à un degré de chaleur plus élevé, une matière qui se précipite et une substance albuminoïde qui reste en solution. Le corps qui se précipite n'est pas de la parapeptone, ce n'est que l'albumine modifiée.

L'albumine se modifie sous l'influence de l'acide chlorhydrique, elle se précipite et se dissout dans un excès; on s'est demandé si la parapeptone n'était pas de l'albumine crue modifiée par les acides. Ces deux corps ne doivent pas être confondus, ils se distinguent par les deux caractères suivants : une solution de parapeptone dont on a fortement diminué l'acidité n'est pas précipitée par l'alcool, elle l'est par l'alcool mélangé d'éther. L'albumine dissoute et modifiée par l'acide est précipitée par l'alcool.

D'après Schiff, une solution limpide faiblement

acide de parapeptone n'est pas précipitée par l'ébullition; une solution faiblement acide d'albumine modifiée est au contraire précipitée lorsqu'on la chauffe jusqu'à l'ébullition. Et, caractère plus important encore, l'albumine modifiée, précipitée d'une dissolution acide et chauffée avec du suc gastrique, est digérée pendant que la parapeptone ne l'est pas. Cependant l'albumine liquide, traitée pendant un certain nombre d'heures par un acide, acquiert des propriétés nouvelles qui la rapprochent des peptones, et presque constamment devient incoagulable par la chaleur. L'acide seul du suc gastrique ne suffit donc pas pour digérer l'albumine crue, mais la digestion ne s'effectue réellement que dans la pepsine acidifiée. L'acide est nécessaire pour la macération préparatoire des aliments et joue un rôle pendant l'action de la pepsine elle-même, et la digestion s'opère plus facilement dans certaine proportion relative d'eau, d'acide et de pepsine.

La pepsine n'a pas une action illimitée sur les substances albuminoïdes. Elle n'en dissout qu'un certain poids et son action s'arrête. Une plus grande quantité de pepsine en dissoudrait davantage. Cependant cet arrêt dans l'action digestive n'est pas toujours dû au manque de pepsine : il peut tenir aussi à l'accumulation des peptones ; leur présence diminue l'activité de la digestion.

Action du suc gastrique sur les sels. — Le suc gastrique contient de l'eau et de l'acide, il agit comme dissolvant sur toutes les substances qui peuvent se

dissoudre dans l'eau acidulée ; tels sont les sels alcalins et terreux. Cependant certains sels, comme les phosphates de calcium, solubles dans les acides faibles, se précipitent dès que l'acide est saturé.

Un phosphate terreux dissous rencontre en pénétrant la muqueuse gastrique le sang qui circule dans les capillaires ; il doit se précipiter. On ne peut comprendre l'absorption d'un phosphate sans supposer la décomposition du sel et sans être obligé d'admettre que l'acide phosphorique pénètre à l'état d'acide libre dans les vaisseaux.

Action du suc gastrique sur les matières féculentes. — La fécule se digère-t-elle dans l'estomac? Schiff admet que le liquide faiblement acide du suc gastrique n'empêche pas l'action de la salive et la formation du sucre. Pendant longtemps on n'a pu trouver ce dernier produit dans l'estomac. M. Longet a montré que la difficulté tenait à ce qu'on employait pour sa recherche le tartrate de cuivre et de potasse, réactif rendu impuissant, non par la présence de l'albumine, mais par celle de la peptone, qui dissout l'oxyde de cuivre réduit. Pour reconnaître la présence du sucre, il faut ajouter de l'acide chlorhydrique qui transforme l'oxyde et l'oxydule en chlorure cuivreux et cuivrique, et ajouter de l'empois d'amidon et de l'acide iodique qui décompose le chlorure cuivreux en excès en mettant de l'iode en liberté, et celui-ci donne alors une coloration bleue avec l'amidon.

On peut également mettre le protochlorure dans une capsule de porcelaine avec une trace d'acide tung-

stique jaune, lequel, s'il y a du chlorure cuivreux, est immédiatement transformé en acide tungstique intermédiaire vert.

Le même liquide acide, contenant du chlorure cuivreux traité par l'acide molybdique ou le molybdate d'ammoniaque, prend aussitôt une teinte d'un beau bleu d'oxyde molybdique intermédiaire.

On pourrait plus simplement encore détruire d'abord les peptones par l'acide sulfurique chauffé et chercher ensuite le sucre, mais on ne peut employer cette méthode que s'il n'y a pas eu présence de matières capables de se transformer en sucre par l'action de l'acide sulfurique.

Ces réactions ont permis de reconnaître le sucre dans l'estomac et font penser que la salive peut y continuer son action saccharifiante sur la matière amylacée.

Différence entre le suc gastrique des carnivores et celui des herbivores. — Le suc gastrique des herbivores, comparé à celui des carnivores, ne présente pas de différence essentielle dans sa manière d'agir sur les substances végétales. Les herbivores jouissent d'un seul avantage, qui résulte de la plus grande activité de leur salive en présence des fécules. A poids égal, le suc gastrique des carnivores digère des quantités plus grandes de matières albuminoïdes que ne le fait celui des herbivores. L'estomac des carnivores sécrète plus d'acide et de pepsine, mais la nature de cette pepsine et les produits qui résultent de son action sont les mêmes dans les deux cas.

Substances peptogènes. — Après l'achèvement d'une digestion copieuse, le pouvoir digestif de l'estomac vide est à peu près nul par rapport à l'albumine, mais il augmente en proportion très-notable lorsqu'on introduit au préalable une quantité modérée de certains aliments avant d'y ajouter l'albumine. Ces substances sont dites peptogènes ; toutes ne le sont pas ou le sont à des degrés divers. Le bouillon, la dextrine, la viande sont peptogènes ; la glucose, la gomme arabique, le café n'ont au contraire aucune action. Les substances peptogènes introduites dans l'économie par d'autres voies, injectées directement dans le sang, introduites dans le rectum, dans les cavités séreuses, n'en provoquent pas moins la production du ferment digestif dans l'intérieur de la muqueuse gastrique.

FOIE

Le foie est un organe destiné à la sécrétion du glycogène, de la bile, et à l'excrétion de la cholestérine. Le glycogène est sécrété par les cellules hépatiques, la bile par les conduits hépatiques et leurs subdivisions.

Structure. — Le foie est formé de lobules ovoïdes, ellipsoïdes ou plutôt polyédriques, exactement moulés les uns sur les autres et traversés par quelques tractus celluleux. Chacun d'eux a son enveloppe celluleuse très-incomplète, dépendance de la capsule de Glisson et dans laquelle cheminent les dernières ramifications de la veine porte et les plus petits conduits biliaires.

Les lobules sont constitués par deux réseaux tellement enchevêtrés que chacun d'eux remplit les mailles de l'autre, le réseau des cellules hépatiques et le réseau des capillaires sanguins. Ce dernier communique, à la périphérie des lobules avec les dernières ramifications de la veine porte, vers l'axe des lobules, avec les origines des veines sus-hépatiques. Quant à la naissance des conduits biliaires, il paraît démontré, depuis les injections de Hering, Henle et Kölliker, qu'elle se fait à l'intérieur même des lobules par une série de canalicules extrêmement fins, dont le point de départ est vers le centre du lobule, et qui, après des divisions et des anastomoses identiques avec celles des capillaires portes, aboutissent aux conduits biliaires périlobulaires.

Les cellules hépatiques sont de petites vésicules arrondies ou polygonales, dont l'aspect est à peu près celui de l'épithélium pavimenteux et dont le diamètre est de 0,015 à 0,025. Elles présentent une membrane d'enveloppe extrêmement unie et un contenu liquide granuleux, visqueux, dont la couleur rappelle celle de la bile, des granulations colorées que quelques physiologistes regardent comme le glycogène, des corpuscules graisseux plus gros, et enfin, au milieu de la cellule, un ou plusieurs noyaux arrondis ayant eux-mêmes des nucléoles[1].

Glycogène. — Le foie, parmi ses éléments, contient une matière particulière semblable à l'amidon, le

[1] Cruveilhier, *Traité d'anatomie descriptive*, t. II, p. 198, 4e édit.

glycogène. Cette substance, trouvée par M. Claude Bernard, existe, d'après M. Schiff, dans les cellules du foie parmi les globules graisseux sous forme de granulations beaucoup plus petites, représentant des globules parfaitement arrondis. Le nombre en est extrêmement considérable. Ils sont insolubles dans l'éther et dans l'alcool et prennent une teinte jaune brunâtre par la teinture d'iode. Le glycogène existe d'une manière constante dans le foie tant qu'il ne s'est pas développé des phénomènes de décomposition putride.

Préparation. — Le glycogène peut s'obtenir par plusieurs méthodes. On coupe le foie en petits fragments, on les projette dans de l'eau bouillante et on maintient l'ébullition quelques instants ; on filtre, on évapore à un petit volume et on précipite par l'alcool. Le produit obtenu contient des corps albuminoïdes, on le purifie en le dissolvant dans l'eau et en le soumettant à l'action du charbon animal, puis en recueillant le liquide filtré, que l'on précipite de nouveau par l'alcool. On peut également le précipiter de ses dissolutions à l'aide de l'acide acétique cristallisable, ou encore en faisant bouillir la dissolution avec une solution alcaline étendue ; mais, par cette dernière méthode, il y a toujours une perte considérable de matière.

Le glycogène est amorphe, incolore, inodore, très-facilement soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et dans l'éther. La dissolution aqueuse possède une faible opalescence, qui disparaît par l'addition d'un

alcali, sans que le glycogène lui-même soit altéré par l'ébullition avec une solution alcaline modérément concentrée. Sa composition élémentaire, déterminée par M. Eugène Pelouze, correspond à la formule $C^6H^{12}O^6$.

Par l'ébullition avec l'acide chlorhydrique, il passe à l'état de dextrine, puis de glucose. Cette transformation n'est jamais aussi rapide que celle de l'amidon ou de la dextrine, elle demande une température d'au moins 30°. La dextrine du glycogène n'a pas encore été isolée d'une manière nette et précise. Lorsqu'on arrête la réaction au moment où la coloration laiteuse disparaît, une partie du glycogène est déjà changée en sucre, tandis que l'autre n'est pas modifiée et est encore précipitable par l'alcool.

La glucose que l'on obtient avec le glycogène est identique avec celle que fournit l'amidon et avec le sucre de l'urine diabétique. MM. Berthelot et de Luca l'ont combiné avec le sel marin et ont obtenu des cristaux volumineux limpides, incolores, aptes à réduire le tartrate cupropotassique et à fermenter sous l'influence de la levûre de bière. Ce sont des rhomboèdres apparents de 78° ; leur pouvoir rotatoire déterminé à l'aide d'une solution aqueuse est tourné vers la droite $= + 47°$. Ce pouvoir est notablement plus considérable dans les premiers moments qui suivent la dissolution des cristaux, lesquels correspondent à la formule $2\,C^6H^{12}O^6, H^2O + NaCl$.

D'après M. Eugène Pelouze, l'acide azotique froid et concentré transforme le glycogène en xiloïdine,

l'acide azotique étendu en acide oxalique. L'iode le colore en violet rouge. L'acétate de plomb produit un trouble dans ses dissolutions, et si on fait passer dans le liquide un courant d'acide sulfhydrique, on en précipite du sulfure de plomb, qui reste en suspension comme dans les solutions d'albumine ou de matière gélatineuse, mais qui se dépose immédiatement dès qu'on ajoute de la soude caustique. Le glycogène est sans action sur la liqueur de Barreswill, même à l'ébullition.

En solution aqueuse, il jouit d'un pouvoir rotatoire très-considérable. Il dévie à droite le plan de polarisation trois fois plus que le sucre de raisin[1]. Par l'évaporation de ses dissolutions, il se couvre d'une membrane superficielle semblable à celle que produisent les substances amyloïdes ou la caséine.

Origine. — Le glycogène a une origine fort incertaine. Il se rencontre toujours dans le foie et manque seulement dans certaines maladies de cet organe. Cependant, quelques circonstances modifient sa production. On ne le trouve pas chez les animaux qui meurent d'inanition, surtout s'ils ont subi une diète prolongée. Toutes les causes qui amènent un trouble dans la nutrition agissent de même et le font diminuer de quantité. On en constate la présence même dans le foie des animaux soumis à un régime exclusivement animal. Des oies nourries avec de la gélatine et de la viande complétement dépourvue de graisse en ont en-

[1] Hoppe-Seyler, *Handbuch der ph. und path. chemischen analyse*, s. 118, 3. Auflage.

core 1,7 pour 100. Mais la quantité de glycogène devient beaucoup plus considérable si les animaux ont une alimentation sucrée. Sa proportion arrive sur des oies au dixième du poids de leur foie, mais en même temps les mâtières et le volume de l'organe s'accroissent aussi notablement. On a cru expliquer par cette transformation l'origine de la matière glycogène.

On peut reconnaître le glycogène par sa réaction avec l'iode sans avoir à craindre de le confondre avec la substance amyloïde. Cette dernière est azotée, n'est pas soluble dans l'eau et ne fermente pas en donnant du sucre. La facilité avec laquelle le glycogène se transforme sous l'influence des ferments est même assez grande pour entraîner sa rapide décomposition. Afin de l'entraver, on ajoute de l'alcool qui précipite les ferments.

Sucre du foie. — Le foie est l'organe producteur du sucre et en contient toujours dans son tissu. On prend un fragment de foie, on le lave, et, après l'avoir fait bouillir avec un peu d'eau, on le filtre ; il passe un liquide opalin légèrement jaunâtre, que l'on décolore par le charbon animal. Le liquide filtré donne les réactions du sucre.

On peut également extraire le sucre à froid en broyant la pulpe du foie avec du charbon animal. On ajoute de l'eau, on filtre. On recommence plusieurs fois le même traitement avec le même liquide sur d'autres parties du foie, et on obtient finalement une dissolution chargée de sucre.

En opérant par la première méthode, M. Bernard

a trouvé que le suc d'un supplicié de 43 ans, à jeun, le foie pesant 1,300 grammes, contenait 1^{gr},79 de sucre pour 100 de foie frais, et 23^{gr},27 pour la totalité du foie. Sur un autre supplicié de 22 ans ayant eu une alimentation mixte, le foie pesant 1,200 grammes contenait en sucre 2^{gr},14 pour 100 de foie frais ou 25^{gr},70 pour la totalité de l'organe. Sur un homme de 30 ans mort d'un coup de fusil, la quantité de suc était de 1^{gr},10 pour 100 et 17^{gr},10 pour la totalité du foie.

Le sucre qui existe dans le foie se forme sur place et est indépendant de l'alimentation. Des chiens nourris pendant six et huit mois exclusivement avec de la viande contenaient encore 1^{gr},90 pour 100 de sucre, c'est-à-dire au moins la même proportion que sur des chiens nourris avec l'alimentation mixte. Donc, la formation du sucre est indépendante de la présence des matières sucrées et féculentes fournies par l'alimentation.

La présence du sucre dans le foie normal n'est pas admise cependant par Pacy, Meissner ni Ritter. Des recherches entreprises par Eulenburg[1], sous la direction de Stædeler, l'ont amené à conclure qu'en effet le foie pris sur des animaux vivants ne contient que de la matière glycogène et pas de sucre. Il prend le foie d'un lapin, le broie avec du sable en présence d'alcool concentré. Après quelques minutes, il filtre, évapore l'alcool, reprend l'extrait par l'eau, précipite par l'a-

[1] Eulenburg, *Zur Frage über die Zuckerbildung in der Leber Berliner Klin. Wocherschrift*, n° 41.

cétate de plomb et enlève l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré ; il ne peut alors, dans le liquide filtré, reconnaître la présence du sucre en se servant du tartrate de cuivre et de potasse.

Sucre dans le sang afférent et efférent. — En analysant le sang des vaisseaux afférents au foie et efférents de cet organe, M. Bernard a reconnu que le sang de la veine porte et de l'artère hépatique ne renferme pas de sucre, ou n'en contient qu'une quantité presque insignifiante, tandis qu'il en a toujours trouvé une proportion très-considérable dans le sang des veines sus-hépatiques. Il en a mis la présence hors de doute même chez les carnivores soumis à une alimentation exclusivement animale. Ces observations prouvent donc qu'il y a une formation de sucre dans le foie, c'est-à-dire glycogénie hépatique.

Un foie frais broyé et abandonné à lui-même pendant un certain temps renferme une quantité considérable de sucre, et la matière glycogénique disparaît. Il paraît y avoir une décomposition du glycogène. Cette transformation ne peut avoir lieu que par l'action d'un ferment. Ce ferment se trouve dans le foie lui-même. L'extrait de foie obtenu à une basse température transforme le glycogène en dextrine et finalement en sucre si on maintient quelque temps la température à 30°. Le sérum du sang agit également comme ferment. On peut, en effet, par un courant d'eau dirigé à travers la veine porte, ne laisser aucune trace de sucre dans le foie sans détruire la matière glycogène.

Mais si, au lieu d'eau, on emploie du sang défibriné chaud, on aura encore du sucre dans l'organe, mais il n'y aura plus de matière glycogène. Comme conséquence, M. Bernard admet que, dans le diabète, l'accélération de la circulation dans le foie, en multipliant le contact du sérum avec la matière glycogène, est la cause qui produit l'augmentation de la formation du sucre.

BILE

La bile est le produit de la sécrétion du foie. Elle se trouve dans les canaux biliaires et la vésicule du fiel.

On l'obtient ordinairement en la retirant de la vésicule biliaire d'animaux récemment tués; mais on ne recueille ainsi qu'un produit modifié. Il faut, pour avoir la bile pure, l'extraire directement du foie au fur et à mesure de sa sécrétion. Schwann a montré qu'on pouvait y parvenir en établissant des fistules biliaires sur un animal.

On prend un chien à jeun depuis vingt-quatre heures. On fait une incision de 7 à 8 centimètres sur le côté droit de l'appendice xiphoïde, sur le bord interne du muscle droit. On plonge le doigt indicateur de la main gauche dans la plaie, et à la face inférieure du foie on accroche avec le doigt recourbé l'extrémité supérieure du duodénum; on l'amène dans la plaie et on aperçoit le canal cholédoque dans le point où il vient s'insérer obliquement dans l'intestin, à 3 centimètres au-dessous du pylore; on place autour de lui deux ligatures : l'une sur le conduit au moment où il

Des cristaux d'hématine ;

Des vibrions quand la bile commence à s'altérer.

Acides de la bile. — La bile contient en combinaison avec la soude, la potasse et quelquefois l'ammoniaque, des acides sulfurés et d'autres non sulfurés.

ACIDES SULFURÉS.	ACIDES NON SULFURÉS.
Acide taurocholique.	Acide glycocholique.
— hyotaurocholique.	— hyoglycocholique.
— chenotaurocholique.	— chenoglycocholique.
	— batracholique.

Les acides sulfurés se rencontrent surtout dans les biles d'homme, de chien, d'oie, de poisson, de reptile, de grenouille. Ils existent à peine dans la bile de porc. La bile de bœuf renferme des proportions égales d'acide sulfuré et non sulfuré. Chez les poissons de mer, on trouve dans la bile plus de potasse que de soude ; chez les poissons d'eau douce, plus de soude que de potasse ; les tortues d'eau douce, plus de potasse que de soude ; les tortues d'eau salée, proportions égales des deux bases.

Les sels biliaires n'existent pas dans le sang. Recherchés à l'aide du réactif de Pettenkofer, on a quelquefois indiqué la formation d'une coloration qui semblait faire croire à leur présence. Mais si avant l'addition du réactif, on a le soin d'évaporer et de reprendre par l'alcool, le produit obtenu ne donne plus la réaction caractéristique. La teinte que l'on observe d'abord ne paraît due qu'à l'action de l'acide sulfurique sur les matières albuminoïdes qu'il colore en violet. On ne trouve les sels biliaires ni dans l'u-

rine, ni dans les autres liquides de l'économie. Pas plus que la matière colorante, ils ne se rencontrent dans le sang de grenouilles dont on a préalablement extirpé le foie.

Lehmann a cherché à déterminer l'origine des sels biliaires en analysant le sang avant son entrée et après sa sortie du foie. Il a constaté que le sang perdait une certaine quantité de graisse, et en a conclu que les acides choliques tiraient leur origine des corps gras. Celle de l'acide taurocholique est complétement inconnue.

Acide glycocholique. — L'acide glycocholique a été découvert en 1826 par Gmelin, mais il n'est bien connu que depuis les recherches de Strecker[1].

Il existe en quantité considérable dans la bile du bœuf, en faible proportion dans celle de l'homme et manque absolument dans celle des carnivores. On en trouve aussi dans les excréments des bœufs et dans l'urine de l'homme dans les cas d'ictère. Dans toutes ces conditions, il est généralement uni au sodium.

Pour l'obtenir, on évapore la bile de bœuf jusqu'en consistance sirupeuse, on la traite par l'alcool concentré, on décolore l'extrait par le charbon animal. On évapore à sec le résidu dans un bain-marie, puis on le redissout dans une faible quantité d'alcool absolu et on ajoute à la dissolution un excès d'éther. Le glycocholate et le taurocholate sodique se précipitent

[1] *Ann. der Chemie*, LXV, 130; LXVII, 1.

ensemble. On les dissout dans l'eau et on ajoute de l'acide sulfurique étendu jusqu'à l'apparition d'un trouble persistant ; après quelques heures, tout le liquide s'est rempli d'aiguilles brillantes. On les recueille sur un filtre, on les lave avec de l'eau et on les fait recristalliser dans l'alcool.

On peut également verser dans la bile de l'acétate de plomb, dissoudre le précipité dans l'alcool bouillant, décomposer par l'hydrogène sulfuré, mélanger la solution alcoolique avec de l'eau, et on obtient des flocons qui ne tardent pas à se transformer en fines aiguilles.

L'acide glycocholique se dissout difficilement dans l'eau froide, avec plus de facilité dans l'eau chaude, et cristallise par le refroidissement. Il est très-soluble dans l'alcool, fort peu dans l'éther. Sa dissolution possède une saveur sucrée, une réaction acide ; elle chasse l'acide carbonique des carbonates alcalins[1] et forme des dissolutions alcalines solubles dans l'eau et l'alcool. Les sels de baryte et d'argent sont également solubles. L'acide glycocholique libre et les glycocholates dévient à droite le rayon de lumière polarisée. Pour la lumière jaune et les solutions alcooliques, la déviation est de 25,7 avec le glycocholate sodique, et de 29,3 pour l'acide glycocholique[1].

Par l'ébullition avec l'acide chlorhydrique étendu, ou l'acide sulfurique, une solution alcaline ou de l'eau

[1] Hoppe-Seyler, *Handbuch der phys. und path. Analyse*, 3. Auflage, s. 160.
[1] Anthon, *Bulletin de la Société chimique*, 1859, t. I, p. 316.

saturée d'hydrate barytique, l'acide glycocholique se transforme en acide cholalique et en glycocolle.

$$\underset{\text{Acide glycocholique.}}{C^{26}H^{43}AzO^{6}} + H^{2}O = \underset{\text{Acide cholalique.}}{C^{24}H^{40}O^{5}} + \underset{\text{Glycocolle.}}{C^{2}H^{5}AzO^{2}}$$

L'acide glycocholique dissous dans l'acide sulfurique concentré donne par le refroidissement un précipité amorphe, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'acide cholonique $C^{26}H^{41}Az\,O^{5}$, et, si l'action est trop prolongée, on obtient d'autres produits qui se colorent à l'air. L'acide cholonique dévie à droite le plan de polarisation.

Acide hyoglycocholique. — L'hyoglycochocolate sodique n'a été trouvé jusqu'à présent que dans la bile du porc. Après avoir décoloré la bile par le charbon animal, on ajoute du sulfate de sodium jusqu'à saturation. On lave le précipité avec une solution concentrée de sulfate de sodium, on le sèche à 110° et on le traite par l'alcool absolu qui enlève l'hyoglycocholate de soude; on met l'acide en liberté en ajoutant de l'acide chlorhydrique. L'acide hyoglycocholique est insoluble dans l'eau, incolore, incristallisable, facilement soluble dans l'alcool, moins dans l'éther, d'une saveur amère, d'une réaction acide en solution alcoolique; il forme avec les alcalis des sels solubles dans l'eau.

Les sels alcalins sont précipités de leur solution par l'addition du sulfate de sodium, par l'ébullition avec l'acide chlorhydrique ou les solutions alcalines; l'acide hyoglycocholique se décompose en glycocolle et en acide hyocholalique.

$$C^{27}H^{43}AzO^{5} + H^{2}O = C^{2}H^{5}AzO^{4} + C^{25}H^{40}O^{4}$$

Acide glycohyocholique. Glycocolle. Acide hyocholalique.

Cet acide diffère de l'acide glycocholique par son insolubilité dans l'eau, et par la propriété qu'il possède de précipiter les sels de chaux, de baryte, etc.

Glycocolle. — Le glycocolle a été découvert par Braconnot, qui l'a obtenu en faisant bouillir pendant longtemps de la gélatine avec de l'acide sulfurique étendu, saturant avec du carbonate de baryte et évaporant la liqueur filtrée. De là le nom de sucre de gélatine ou de glycocolle. Il se produit par la décomposition d'un certain nombre de substances qui se trouvent dans l'organisme ; l'acide hippurique traité par l'acide chlorhydrique se transforme en acide benzoïque et en glycocolle.

$$C^{9}H^{9}AzO^{3} + H^{2}O = C^{7}H^{6}O^{2} + C^{2}H^{5}AzO^{2}$$

Acide hippurique. Acide benzoïque. Glycocolle.

On l'obtient par le dédoublement de l'acide glycocholique sous l'influence des acides et des alcalis. L'ébullition avec l'acide chlorhydrique donne du chlorure de glycocolle. On dissout ce produit impur dans l'eau et on le fait bouillir avec de l'hydrate de plomb ; on filtre ; on précipite le plomb par un courant d'hydrogène sulfuré, et la dissolution filtrée de nouveau est abandonnée ensuite à la cristallisation.

$$C^{26}H^{43}AzO^{6} + H^{2}O = C^{24}H^{40}O^{5} + C^{2}H^{5}AzO^{2}$$

Acide glycocholique. Acide cholalique. Glycocolle.

Le glycocolle a été reproduit par synthèse par

M. Cahours en faisant réagir l'acide monochloracétique ou monobromacétique sur l'ammoniaque.

$$\left.\begin{matrix} C^2H^2ClO \\ H \end{matrix}\right\} O + 2AzH^3 = \left.\begin{matrix} C^2H^2(AzH^2)O \\ H \end{matrix}\right\} O + AzH^4Cl$$

Acide monochloracétique. Glycocolle.

Cette réaction rattache le glycocolle à l'acide acétique et montre qu'il peut être regardé comme de l'acide acétamique, c'est-à-dire comme de l'acide acétique dans lequel un atome d'hydrogène est remplacé par le résidu $AzH^2 = (AzH^3 - H)$.

$$\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ H \end{matrix}\right\} O \qquad \left.\begin{matrix} C^2H^2(AzH^2)O \\ H \end{matrix}\right\} O$$

Acide acétique. Glycocolle.

Cependant la réaction suivante rattache directement le glycocolle à l'acide glycolique. Lorsqu'on traite le glycocolle par un acide nitreux, on le décompose en azote et en acide glycolique.

$$2\left.\begin{matrix} C^2H^2(AzH^2)O \\ H \end{matrix}\right\} O + Az^2O^3 = 2C^2H^4O^3 + H^2O + 2Az^2$$

Glycocolle. Acide glycolique.

La synthèse du glycocolle peut alors s'expliquer en regardant l'acide chloracétique comme la chlorhydrine du glycolyle $CH^2\left\{\begin{matrix} CO.OH \\ Cl. \end{matrix}\right.$ et le glycocolle devant la glycolamide $\left.\begin{matrix} C^2H^2O.OH \\ H^2 \end{matrix}\right\} Az.$

Ces considérations s'appuient encore sur les observations de M. Heintz, qui a montré qu'en régissant sur l'ammoniaque, l'acide chloracétique donne, outre

la glycocole, de l'acide glycolique, de l'acide glycolamidique $\left.\begin{matrix}2C^2H^2O.OH\\H^2\end{matrix}\right\}Az$ et de l'acide triglycolamidique $(C^2H^2O.OH)^3Az$.

Le glycocolle cristallise en gros cristaux. Il se dissout dans 4.3 parties d'eau froide : il est presque insoluble dans l'alcool et dans l'éther absolu ; il est plus soluble dans l'alcool étendu et bouillant. Il fond à 170° et se décompose à une température plus élevée sans se décomposer.

Bouilli avec l'eau de baryte, le glycocolle se décompose en ammoniaque et en méthylamine. Les dissolutions de potasse et de soude ne dégagent que de l'ammoniaque d'après M. Cahours. Le glycocolle, chauffé avec du peroxyde de manganèse ou du peroxyde de plomb et de l'acide sulfurique étendu, donne de l'eau, de l'acide carbonique et de l'acide cyanique.

Combinaison métallique du glycocolle. — Le glycocolle est faiblement acide. Ses dissolutions aqueuses dissolvent beaucoup d'oxydes métalliques et forment des combinaisons salines dont un grand nombre sont cristallisables. Une solution aqueuse de glycocolle, bouillie avec de l'oxyde de cuivre, donne une combinaison qui se dépose par le refroidissement en fines aiguilles bleues, et qui se précipite complétement lorsqu'on ajoute de l'alcool. L'oxyde d'argent, bouilli pareillement avec une solution aqueuse de glycocolle, donne, lorsqu'on ajoute de l'alcool, des cristaux incolores. $C^2H^4AqAzO^2$.

Le glycocolle se combine aussi avec les acides et

forme des corps cristallisables. Lorsqu'on évapore le glycocolle avec de l'acide chlorhydrique, on obtient des prismes incolores 2 $C^2H^5AzO^2H\ Cl$, et avec un excès d'acide chlorhydrique des cristaux très-solubles $C^2H^5AzO^2.HCl$. Cette dernière combinaison se forme quand on prépare le glycocolle par l'acide hippurique ; elle donne avec le chlorure de platine un sel double cristallin très-soluble dans l'eau et l'alcool $C^2H^5AzO^2.HCl, P + Cl^2$.

Le glycocolle forme également avec les sels des combinaisons cristallisables. Il s'unit au chlorure de potassium, chlorure de sodium, chlorure de baryum, avec les nitrates de baryum, de calcium, magnésium, zinc, plomb, cuivre, argent, etc.

Acide taurocholique.— L'acide taurocholique existe seul dans la bile des chiens ; il est très-abondant dans celle des bœufs et même dans celle des serpents, des poissons. Chez l'homme, sa quantité est de beaucoup supérieure à celle de l'acide glycocholique. Il se trouve toujours combiné au sodium. Enfin on constate encore sa présence dans l'urine ictérique.

On prend de la bile de chien, on y ajoute de l'alcool et on la décolore par le charbon animal. On filtre, on évapore le liquide à sec, et on épuise le résidu avec un peu d'alcool absolu ; on filtre la dissolution, on l'agite avec un excès d'éther et on laisse concentrer la liqueur jusqu'à se qu'il se forme un précipité cristallin. Après l'évaporation de l'éther, on dissout les cristaux dans l'eau ; on précipite par le sous-acétate de plomb et l'ammoniaque. On lave le précipité sur

un filtre ; on le dissout dans l'alcool ; on y fait passer un courant d'hydrogène sulfuré jusqu'à décomposition complète; on filtre et on évapore la solution alcoolique à une faible température jusqu'en consistance de sirop. Cet acide n'a pas encore été obtenu cristallisé. Il a une réaction acide, se dissout dans l'eau et l'alcool, et se décompose par l'évaporation à sec de ses solutions aqueuses.

Le taurocholate sodique cristallisé en fines aiguilles de sel de baryte est soluble dans l'eau. Il se précipite complétement par le sous-acétate de plomb et l'ammoniaque. Il dévie à droite le plan de polarisation, + 25,3 pour la lumière jaune en solution alcoolique[1]. Le pouvoir rotatoire de ses sels en dissolution aqueuse est beaucoup plus faible. Les réactions qui transforment l'acide glycocholique en acide cholalique et en glycocolle, le décomposent en acide cholalique et en taurine. La même transformation se produit pendant la putréfaction de la bile, et son trajet dans le canal intestinal.

$$\underset{\text{Acide taurocholique.}}{C^{26}H^{45}AzO^{7}S} + H^{2}O = \underset{\text{Acide cholalique.}}{C^{24}H^{40}O^{5}} + \underset{\text{Taurine.}}{C^{2}H^{7}AzO^{3}S}$$

On peut séparer l'acide taurocholique de l'acide glycocholique en les transformant en sels de plomb. Le glycocholate de plomb et le chololate de plomb sont insolubles et peuvent être séparés par filtration. Le liquide qui s'écoule donne un précipité de tauro-

[1] Anthon, *loco citato.*

cholate de plomb, lorsqu'on y ajoute du sous-acétate de plomb et de l'ammoniaque. On dissout le produit obtenu dans l'alcool, on enlève le plomb par l'addition d'un excès de carbonate sodique, on évapore à sec, on reprend ensuite par l'alcool absolu dans lequel l'addition d'éther produit un dépôt amorphe, qui se transforme à la longue en aiguilles brillantes.

Pour déterminer la présence de l'acide taurocholique dans une substance, il suffit de constater la présence du soufre dans les cendres et d'obtenir la réaction de Pettenkofer.

Acide taurohyocholalique. — L'acide taurohyocholalique $C^{27}H^{45}AzSO^{6}$ se trouve en petite quantité dans la bile de porc ; il ne paraît pas avoir été obtenu à l'état pur. Il se décompose par les acides en taurine et en acide hyocholalique.

Acide taurochénocholique. — Il existe à l'état de sel de soude dans la bile d'oie, et peut en être extrait par l'alcool, d'où l'éther le précipite. On le lave avec une solution concentrée de sulfate de soude, on le dissout dans l'alcool absolu et on le précipite de nouveau par l'éther de la solution alcoolique filtrée. Bouilli avec l'eau de baryte, il se transforme en taurine et en acide chénocholalique.

$$\underset{\text{Acide taurochénocholique.}}{C^{29}H^{49}AzSO^{6}} + H^{2}O = \underset{\text{Acide chénocholalique.}}{C^{27}H^{44}O^{4}} + \underset{\text{Taurine.}}{C^{2}H^{7}AzSO^{3}}$$

Acide chénocholalique. — L'acide chénocholalique obtenu par l'ébullition de l'acide chénocholique avec l'eau de baryte, cristallise difficilement. Son sel de

potasse est soluble dans l'eau. Ses autres sels ne sont solubles que dans l'alcool. Le sel de baryte précipité par l'éther forme des aiguilles brillantes.

Taurine, $C^2H^7AzSO^3$. — La taurine a d'abord été trouvée dans la bile comme produit de décomposition de l'acide taurocholique[1]. On a depuis constaté sa présence dans le sang et le liquide musculaire de divers animaux, dans le liquide pulmonaire, les reins, les tissus de certains mollusques, comme l'huître.

On l'obtient en faisant bouillir pendant plusieurs heures de la bile avec de l'acide chlorhydrique étendu, filtrant pour enlever les produits résineux formés par l'acide biliaire décomposé, et évaporant à sec. On traite alors par l'alcool absolu, qui enlève le chlorure de glycocolle ; on dissout le résidu dans l'eau et on abandonne à la cristallisation. On purifie la taurine en la dissolvant dans l'alcool, précipitant par l'acétate de plomb, et faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré dans le liquide filtré, pour enlever l'excès de plomb. On filtre, on épuise le résidu par l'alcool absolu, et on fait cristalliser dans l'eau la partie insoluble.

Strecker a obtenu la taurine par voie de synthèse en chauffant l'iséthionate d'ammoniaque pendant plusieurs heures de 210 à 220°.

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} H \\ (C^2H^4SO^2)'' \\ Az\,H^4 \end{matrix}\right\} O^2}_{\text{Iséthionate d'ammoniaque.}} = H^2O + \underbrace{\left.\begin{matrix} [(C^2H^4,SO^2)'' - HO]' \\ H^2 \end{matrix}\right\} Az}_{\text{Taurine.}}$$

L'acide iséthionique, point de départ de cette réac

[1] Strecker, *Ann. der Chemie und Pharm.*, B. LXVII, S. 30.

tion, se prépare lui-même par la série des transformations suivantes.

On fait arriver de l'éthylène dans de l'acide sulfurique anhydre, et on obtient l'anhydride éthionique.

$$C^2H^4 + 2SO^2,O = C^2H^4(SO^2)^2O^2$$

Éthylène. Acide sulfurique anhydre. Anhydride éthionique.

L'anhydride éthionique, en se dissolvant dans l'eau, donne naissance à un nouvel acide, l'acide éthionique.

$$C^2H^4(SO^2)^2O^2 + H^2O = C^2H^4(SO^2)^2H^2O^3$$

Anhydride éthionique. Acide éthionique.

L'acide éthionique forme, avec les bases, des sels qui ne supportent pas l'action prolongée de la chaleur sans se décomposer. L'acide lui-même, bouilli avec de l'eau, se transforme en acide iséthionique et en acide sulfurique.

$$C^2H^4(SO^2)^2H^2O^3 + H^2O = C^2H^4(SO^2)H^2O^2 + SO^4H^2$$

Acide éthionique. Acide iséthionique.

La formation successive de ces diverses substances peut d'ailleurs se comprendre par la comparaison des formules suivantes.

$$\left.\begin{matrix} SO^{2\prime\prime} \\ C^2H^{4\prime\prime} \\ SO^{2\prime\prime} \end{matrix}\right\} O^2 \qquad \left.\begin{matrix} H \\ SO^{2\prime\prime} \\ C^2H^{4\prime\prime} \\ SO^{2\prime\prime} \\ H \end{matrix}\right\} O^3 \qquad \left.\begin{matrix} H \\ C^2H^{4\prime\prime} \\ SO^{2\prime\prime} \\ H \end{matrix}\right\} O^2$$

Anhydride éthionique. Acide éthionique. Acide iséthionique.

L'acide iséthionique est un liquide anhydre, visqueux, très-acide, et est monobasique. Il forme des sels cristallisables, et, avec l'ammoniaque, des octaèdres très-bien définis, solubles dans l'eau et dans l'alcool,

qui peuvent être chauffés à 120° sans se décomposer; mais à 200° l'iséthionate d'ammoniaque perd de l'eau et se transforme en taurine.

La taurine peut donc être regardée comme un amide. Elle cristallise en prismes rhomboïdaux obliques, transparents et brillants. Elle se dissout dans 15 ou 16 parties d'eau froide et est beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante. Elle est insoluble dans l'alcool absolu et dans l'éther, un peu soluble dans l'alcool étendu et bouillant. Elle se dissout plus facilement dans les solutions alcalines que dans l'eau. Elle se décompose par l'action de l'acide nitreux et donne de l'acide iséthionique, de l'azote et de l'eau. L'acide phosphomolybdique la précipite de ses dissolutions.

Acide cholalique. — L'acide cholalique se trouve en faible quantité dans le canal intestinal et les excréments de l'homme, du bœuf, du chien, dans l'urine ictérique. Il se forme surtout lors de la décomposition des acides taurocholique et glycocholique sous l'influence des acides ou des solutions alcalines bouillantes, ou par la putréfaction.

On le prépare en faisant bouillir de la bile avec une lessive alcaline ou de l'eau de baryte saturée, pendant douze ou vingt-quatre heures; on précipite par un acide, on lave avec de l'eau, on redissout dans une lessive alcaline, on ajoute de l'éther, on précipite de nouveau par l'acide chlorhydrique et on laisse reposer pendant plusieurs jours. L'addition d'éther facilite la cristallisation. On décante l'éther, on

comprime la masse, on la dissout dans l'alcool bouillant et on laisse refroidir; l'acide se dépose en cristaux.

L'acide cholalique s'obtient tantôt amorphe et tantôt cristallisé. Les cristaux sont des tétraèdres ou des octaèdres tétragonaux, d'un éclat vitreux et d'une saveur amère avec un arrière-goût sucré. Les cristaux qui se déposent dans l'éther contiennent 2 Aq. d'eau de cristallisation, dans l'alcool 5 Aq. Ils sont incolores, insolubles dans l'eau, l'éther, solubles dans l'alcool. L'acide cholalique se dissout facilement dans les solutions alcalines et décompose les carbonates en solution aqueuse. Les sels alcalins sont solubles dans l'eau en toutes proportions, mais l'addition d'alcalis ou de carbonates alcalins les précipitent sous forme d'huile qui cristallise par le refroidissement. Ces sels alcalins sont peu solubles dans l'alcool. Le sel de baryum se compose de petites aiguilles brillantes : peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude, facilement soluble dans l'alcool. Les cholalates de plomb, d'argent, sont insolubles dans l'eau et solubles dans l'alcool bouillant.

Par l'ébullition avec les acides ou l'action d'une température de 190° à 200°, l'acide cholalique se transforme en eau et en dyslysine.

$$\underset{\text{Acide cholalique.}}{C^{24}H^{40}O^{5}} = \underset{\text{Dyslysine.}}{C^{24}H^{36}O^{3}} + 2\,H^{2}O$$

L'acide cholalique et ses sels possèdent un pouvoir rotatoire droit. La déviation des cristaux contenant

5 Aq. est d'environ + 35 pour la lumière jaune. La déviation des sels alcalins n'est indépendante de la concentration que pour les solutions alcooliques; elle est un peu plus faible que celle de l'acide. Le pouvoir rotatoire du sel de sodium est de 31°,4'.

Réaction de Pettenkofer. — L'acide cholalique se dissout dans l'acide sulfurique. Une trace de cet acide mêlé avec du sucre et additionné d'acide sulfurique versé goutte à goutte, de telle manière que la température ne s'élève pas ou au moins ne dépasse pas 70°, donne une coloration rouge très-intense. Cette réaction, découverte par Pettenkofer, est le moyen le plus sensible pour reconnaître la présence des acides biliaires. Elle ne doit pas cependant être regardée comme complétement démonstrative quand on la développe en présence de substances qui, telles que les matières albuminoïdes, l'alcool amylique, sont également susceptibles de produire, avec l'acide sulfurique, une teinte rouge.

Matières colorantes. — La bile contient une proportion notable de matière colorante. M. Robin admet que cette substance est à l'état liquide, et qu'elle ne peut être extraite qu'après avoir subi des modifications analogues à celles que présentent les substances qui se coagulent. Une fois isolée et desséchée, elle est pulvérulente, amorphe, d'un vert noirâtre, insoluble dans l'eau.

La matière colorante n'existe pas à l'état normal dans le sang. Elle semble provenir de l'hémoglobine. M. Gubler a vu, en effet, que la matière colorante de la

bile subissait, sous l'influence de l'acide azotique, une série de modifications de couleur semblables à celles que l'hémoglobine prend dans la même circonstance. De plus, Kühne a constaté que la matière colorante biliaire se produit et passe dans les urines quand on injecte des sels biliaires dans le sang. Il suppose que ces acides, décomposant les globules sanguins, mettent en liberté l'hémoglobine qui se transforme, en traversant le foie, en matière colorante biliaire.

La bile de bœuf fraîche est verte ; elle produit dans le spectre une raie d'absorption située entre D et E, plus près de D que de E. Après un certain temps, elle devient dicroïque et paraît verte, en couches minces, et rouge, en couches épaisses. Elle fournit alors quatre raies d'absorption, la première avant C, la deuxième un peu avant D, la troisième après D, la quatrième avant E. La substance qui produit ces raies n'est pas encore connue.

Les matières colorantes de la bile ont été l'objet de nombreuses recherches qui n'ont pas donné de résultats concordants. Les analyses ont presque toutes été faites sur les matières colorantes contenues dans les calculs. Scherer et Heintz ont donné des chiffres. Heintz, après avoir enlevé les matières grasses, la cholestérine et les acides de calculs pulvérisés, traita la matière colorante par le carbonate de sodium et précipita par l'acide chlorhydrique. Il sépara ainsi un corps qu'il nomma biliphéine $C^{31}H^{18}Az^{2}O^{9}$, lequel diffère de la biliverdine $C^{32}H^{18}Az^{2}O^{9}$ par un équivalent de carbone. Valentin, par l'emploi du chloroforme, ob-

tint une matière colorante rouge qu'il regarda comme identique avec l'hématoïdine. Mais Brücke a montré que la matière rouge retirée de la bile se transforme, sous l'influence d'un courant d'oxygène en biliverdine, réaction qui ne se produit pas avec l'hématoïdine.

Stædeler reprit depuis cette question, et chercha les rapports et les dissemblances de l'hématoïdine et de la bilirubine, tant par les caractères physiques et la forme cristalline que par l'analyse chimique. Il prépara la matière colorante avec de la bile de l'homme traitée par le chloroforme, par la benzine, par le sulfure de carbone. Le chloroforme lui donna une dissolution vert foncé, laquelle fournit un extrait qui fut épuisé ensuite par l'éther pour enlever la cholestérine et les matières grasses, par l'alcool pour entraîner les matières brunes, par les alcalis pour séparer la biliverdine. Le sulfure de carbone produisit une dissolution jaune d'or. Celle-ci évaporée laissa un extrait que l'on purifia par des lavages à l'alcool et à l'éther. La benzine se comporta de même.

La bilirubine, obtenue par ces deux derniers traitements, se prend en cristaux complétement identiques avec ceux de l'hématoïdine. Tous les caractères physiques sont semblables, mais la composition de ces deux corps est différente.

	BILIRUBINE.		HÉMATOÏDINE.	
Carbone.	67,15	67,11	65,85	65,05
Hydrogène.	6,27	6,12	6,47	6,37
Azote.	9,59	»	10,51	»
Oxygène.	16,99	»	17,17	»
	100,00		100,00	

La bilirubine répond à la formule $C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3}$. M. Robin attribue à l'hématoïdine la formule $C^{15}H^{18}Az^{2}O^{3}$. Stædeler propose d'enlever à cette dernière deux atomes d'hydrogène. Ces deux corps deviennent alors homologues.

Bilirubine.	$C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3}$
Hématoïdine.	$C^{15}H^{16}Az^{2}O^{3}$

Ainsi s'expliquerait la grande ressemblance de ces substances.

Stædeler[1] a publié dans ces dernières années une étude sur les matières colorantes des calculs biliaires. Ses travaux nous serviront de guide. Il admet l'existence de cinq pigments : la bilirubine, la biliverdine, la bulifuscine, la biliprasine et la bilihumine. Il paraît cependant qu'il existe encore d'autres matières colorantes définies. Ainsi Scherer a retiré de l'urine ictérique un pigment vert. Maly[2] a démontré que le pigment jaune rougeâtre, la cholépyrrhine, extrait par Brücke de la bile humaine au moyen du chloroforme, se comporte comme un acide de la biliverdine, ainsi que le prouvent les expériences suivantes : la potasse aqueuse ou alcoolique en dégage de l'ammoniaque; une solution de cholépyrrhine dans le chloroforme, chauffée huit à douze heures à 100°, en vase clos, avec un demi-volume d'acide acétique cristallisable, donne un liquide vert foncé qui cède à l'eau de l'acétate d'am-

[1] Stædeler, *Annalen der Chemie und Pharm.*, Band 132, S. 323; 1864.

[2] Maly, *Annalen der Chmie und Pharm.*, Band 132, S. 127; 1862.

moniaque, tandis que le chloroforme évaporé laisse un résidu vert foncé de biliverdine; l'acide chlorhydrique et tartrique produisent le même dédoublement. On peut, d'une autre part, préparer artificiellement la cholépyrrhine en chauffant à 120° une solution de biliverdine dans le chloroforme saturé d'ammoniaque.

Bilirubine $C^{16}H^{18}Az^2O^3$. — On obtient la bilirubine en épuisant successivement la bile par l'éther, l'eau et les acides étendus, et enfin par le chloroforme qui la dissout et la donne par l'évaporation. Pour la purifier, on traite le résidu par un mélange d'alcool et d'éther, puis on le dissout dans le chloroforme, et on précipite la bilirubine par l'alcool.

Elle est soluble dans le chloroforme, le sulfure de carbone, la benzine, très-peu dans l'eau, l'alcool et l'éther. Elle se dissout dans les alcalis, les carbonates alcalins et l'ammoniaque en prenant une coloration jaune rougeâtre, et en est précipitée par les acides. Une solution alcaline la précipite de ses dissolutions dans le chloroforme. Aussi ne peut-on dissoudre facilement cette matière colorante que lorsqu'elle est acidulée légèrement. Ses dissolutions ammoniacales sont précipitées par le chlorure de calcium, le chlorure de baryum, l'acétate basique et l'acétate neutre de plomb, l'azotate d'argent. La combinaison de chaux $C^{16}H^{16}CaAz^2O^3$ est d'un brun vert métallique, donnant une poudre brun rouge.

Une dissolution alcaline de bilirubine donne avec l'acide nitrique contenant de l'acide nitreux, ou un mélange d'acide nitrique concentré et d'acide sulfu-

rique, une réaction caractéristique trouvée par Gmelin. La coloration jaune de la bile passe d'abord au vert, puis au bleu, violet, rouge vif et enfin jaune. Ces teintes sont dues à des substances diverses, qui se forment par l'oxydation de la bilirubine. Cette réaction très-sensible permet de reconnaître la présence de la bile dans l'urine ictérique et dans les autres liquides de l'économie.

Biliverdine $C^{16}H^{20}Az^{2}O^{5}$. — La biliverdine n'a pas encore été constatée avec certitude dans les calculs biliaires d'après Stædeler. Elle existe sur les bords du placenta du chien, mêlée avec un peu de bilirubine. Elle prend naissance lorsque les dissolutions alcalines de cette dernière substance ont été abandonnées au contact de l'air dans des flacons ouverts.

$$\underset{\text{Bilirubine.}}{C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3}} + H^{2}O + O = \underset{\text{Biliverdine.}}{C^{16}H^{20}Az^{2}O^{5}}$$

On précipite cette dissolution alcaline par l'acide chlorhydrique, on lave avec de l'eau et on dissout dans l'alcool la biliverdine, tandis que la bilirubine reste insoluble. L'évaporation de la solution alcoolique donne un résidu vert amorphe, qui se dissout dans les alcalis en formant une solution verte, laquelle se précipite par l'action des acides en flocons vert foncé. Par l'évaporation d'une solution de biliverdine dans l'acide acétique, on obtient des tables rhombiques cristallines[1]. Elle se dissout dans l'alcool avec une belle

[1] Hoppe Seyler, *Handbuch der ph. und path. Analyse*, dritte Aufl., S. 180.

couleur vert bleuâtre, et est insoluble dans l'eau, l'éther et le chloroforme. En solution alcoolique elle donne avec l'acide azotique la même série de colorations que la bilirubine et devient successivement bleue, violette, rouge et enfin jaune. Ses dissolutions alcalines se transforment à la longue en biliprasine.

Bilifuschine $C^{16}H^{20}Az^{2}O^{4}$. — Cette matière colorante a été trouvée en petite quantité dans les calculs biliaires de l'homme.

Elle peut être regardée comme de la bilirubine plus un atome d'eau.

$$\underset{\text{Bilirubine.}}{C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3}} + H^{2}O = \underset{\text{Bilifuscine.}}{C^{16}H^{20}Az^{2}O^{4}}$$

On prépare la bilifuschine par la méthode qui sert à préparer la bilirubine. On dissout ensemble les deux substances dans le chloroforme, on chasse le chloroforme par la distillation, et on traite le résidu par l'alcool absolu qui dissout la bilifuschine et laisse la bilirubine. On évapore à sec le résidu alcoolique, on le traite successivement par l'éther anhydre pour lui enlever les acides gras, par le chloroforme pour extraire les dernières traces de bilirubine. On la dissout dans l'alcool absolu, et on évapore à sec la dissolution filtrée.

Cette substance est une masse noire, brillante, donnant une poudre brun-rouge, peu soluble dans l'eau, l'éther et le chloroforme, se dissolvant dans l'alcool en lui communiquant une teinte rouge brun foncé. Elle se dissout dans les alcalis et se pré-

cipite par l'addition d'acide, en flocons bruns. Dans une solution ammoniacale, le chlorure de calcium donne un précipité de bilifuschine et de chaux.

Biliprasine $C^{16}H^{22}Az^{2}O^{6}$. — La biliprasine existe en petite proportion dans les calculs biliaires de l'homme, probablement aussi dans l'urine ictérique. Elle peut être regardée comme de la biliverdine plus un atome d'eau.

$$\underset{\text{Biliverdine.}}{C^{16}H^{20}Az^{2}O^{5}} + H^{2}O = \underset{\text{Biliprasine.}}{C^{16}H^{22}Az^{2}O^{6}}$$

On épuise successivement les calculs biliaires réduits en poudre fine par l'éther, l'eau, le chloroforme, l'acide chlorhydrique, et on dissout le résidu dans l'alcool. On évapore à sec la dissolution alcoolique ; on fait agir sur la masse restante l'éther, puis le chloroforme. On dissout dans l'alcool froid, on filtre et on évapore à sec.

La biliprasine est une substance noire, brillante, donnant une poudre vert foncé. Elle est insoluble dans l'eau, l'éther, le chloroforme ; facilement soluble dans l'alcool avec une coloration d'un vert très-pur, qui devient brun par l'addition d'un alcali. Ses solutions alcalines produisent avec les acides un précipité vert, et se transforment au contact de l'air en substances ulmiques, Avec l'acide azotique elle donne les colorations de la bilirubine.

Stædeler a nommé bilihumine la substance qui reste après avoir traité successivement les calculs biliaires par l'alcool, l'éther, l'eau, l'acide chlorhydrique, le chloroforme. Elle est peu soluble dans

l'ammoniaque, davantage dans les solutions alcalines. Elle ne paraît pas avoir encore été obtenue à l'état pur.

Scherer et Stædeler ont reconnu encore dans la bile de bœuf fraîche une substance douée d'une couleur verte qui, en couches minces, donne une raie d'absorption dans le spectre entre D et E plus près de D. D'après Jaffé l'action de l'acide chlorhydrique sur les matières colorantes de la bile de l'homme et du chien, donne une substance qui a au spectroscope les mêmes apparences qu'une des matières colorantes de l'urine, c'est-à-dire une raie entre F et b. Par l'addition d'un alcali une deuxième raie apparaît à côté de la première.

Cholestérine $C^{26}H^{44}O + H^{2}O$. — La cholestérine est un produit excrémentitiel formé en grande partie par la désassimilation du cerveau et des nerfs, séparé du sang par le foie, déversé à la partie supérieure de l'intestin grêle avec la bile, transformé pendant son trajet dans le canal alimentaire en stercorine (séroline de Boudet), substance qui diffère très-peu de la cholestérine et est évacuée comme telle par le rectum.

La cholestérine existe constamment dans la bile des animaux des classes supérieures. Elle se rencontre en quantité considérable dans les calculs biliaires ou elle fut découverte en 1775 par Conradi, et en 1782 par Poulletier de la Salle. Elle se trouve dans la substance du cerveau et des nerfs (Couerbe), le sang (Denis, Boudet, Lecanu), le jaune d'œuf (Lecanu, Gobley), la rate, le liquide de l'hydrocèle, des kystes ovariques, les

tumeurs athéromateuses de la peau et de la tunique intermédiaire des artères (Robin), le pus, le tubercule, le méconium, mais elle ne s'observe que très-rarement dans l'urine, et n'existe pas dans les fèces.

On a signalé aussi la présence de la cholestérine dans le règne végétal, pois, huile d'olive, matière grasse que l'éther enlève au gluten, huile de foie de morue, huile d'amande, grains de maïs, etc.

D'après Hoppe Seyler[1], les globules du sang contiennent 0,04 à 0,06 de cholestérine pour 100. Dans le sérum elle varie de 0,230 à 0,019.

TABLEAU DE LA QUANTITÉ DE CHOLESTÉRINE DES DIVERS MILIEUX[2].

MILIEUX.	OBSERVATEURS.	QUANTITÉ EXAMINÉE.	CHOLESTÉRINE pour 1000 parties.
Sang veineux : homme.	Becquerel et Rodier.	»	0,090
— femme.	*Id.*	»	0,090
— femme, 35 ans.	A. Flint.	20,221	0,445
— homme, 22 ans.	*Id.*	12,171	0,658
— homme, 24 ans.	*Id.*	6,653	0,751
Bile humaine.	Frerichs.	»	1,600
— de bœuf normale	Berzelius.	»	1,000
— humaine.	A. Flint.	14,551	0,618
Méconium.	Simon.	»	160,000
Méconium.	A. Flint.	11,500	6,243
Cerveau humain.	*Id.*	10,351	7,729
Cerveau humain.	*Id.*	9,776	11,456
Cristallin de bœuf (4 cristallins)	*Id.*	8,742	0,907

Préparation. — On prépare ordinairement la cholestérine avec les calculs biliaires pulvérisés. On les dissout dans l'alcool, et elle se dépose par le refroidis-

[1] *Bulletin de la Société chimique*, 1866, t. VI, p. 244.

[2] Augustin Flint, *Recherches sur une nouvelle fonction du foie*, brochure, p. 18 ; 1868.

sement à l'état cristallisé. Pour la purifier, on la fait bouillir avec une solution de potasse, puis, après le refroidissement, on recueille la masse insoluble et on la lave avec de l'alcool froid et de l'eau. Enfin on la dissout dans un mélange d'alcool et d'éther que l'on abandonne au refroidissement et à l'évaporation spontanée.

Le procédé d'extraction est un peu plus compliqué lorsque la bile est unie à des matières grasses. On pèse selon les cas la bile, le cerveau, le sang, le sérum ou le caillot; on les dessèche au bain-marie, puis, après les avoir finement pulvérisés, on les traite à deux reprises pendant vingt-quatre heures par l'éther en employant environ 5 centimètres cubes pour chaque gramme du poids originaire. On filtre et on abandonne l'éther à l'évaporation. On reprend le résidu par l'alcool bouillant, un centimètre cube par gramme du poids initial, on filtre dans un entonnoir chaud et on abandonne à l'évaporation spontanée. Le produit contient la cholestérine mêlée à des matières grasses que l'on saponifie en les faisant digérer pendant deux heures avec une solution de potasse; on étend d'eau et on lave sur le filtre. Le filtre séché est épuisé par l'éther. Puis, après l'évaporation, on reprend par l'alcool qui donne la cholestérine pure et qui peut être pesée. Dans l'analyse de la matière cérébrale et de la bile, il est quelquefois nécessaire de laver au charbon animal la première solution éthérée.

La cholestérine fond à 145° et distille dans le vide à 360. Elle est presque insoluble dans l'eau, les acides

étendus, les dissolutions alcalines. Peu soluble dans l'alcool froid, elle se dissout en quantité considérable dans l'alcool bouillant, l'éther, le chloroforme, la benzine. Elle ne se dissout qu'en faible proportion dans les acides biliaires. Les dissolutions de cholestérine dévient le plan de polarisation vers la gauche de — 32°. Cet écart, d'après Hoppe Seyler, est indépendant de la nature des dissolvants, de leur concentration et de leur température.

M. Berthelot a montré que la cholestérine se comporte dans quelques-unes de ses réactions comme un alcool monoatomique, et qu'elle peut, comme les alcools, donner naissance à un carbure d'hydrogène et à des éthers. Il paraît plus juste de l'assimiler à un pseudo-alcool, car elle ne peut, d'une manière simple, donner naissance à un acide. La cholestérine produit une série de dérivés comparables à ceux que donne l'alcool.

C^2H^4	$\left.\begin{matrix} C^7H^5O \\ C^2H^5 \end{matrix}\right\} O$	$\left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ Cl \end{matrix}\right\}$
Éthylène.	Éther benzoïque.	Éther chlorhydrique
$C^{26}H^{42}$	$\left.\begin{matrix} C^7H^5O \\ C^{26}H^{43} \end{matrix}\right\} O$	$\left.\begin{matrix} C^{26}H^{43} \\ Cl \end{matrix}\right\}$
Cholestérilène.	Éther benzoïque de la cholestérine.	Éther chlorhydrique de la cholestérine.

Ces éthers s'obtiennent en chauffant la cholestérine dans des tubes fermés avec les acides organiques. Par l'action de la potasse, ils reproduisent la cholestérine, tandis que l'acide mis en liberté se combine avec la base.

La cholestérine, chauffée à 70° avec de l'acide sul-

furique étendu, perd son aspect cristallin, se colore en rouge brun et donne trois carbures d'hydrogène isomériques entre eux. Pour les séparer les uns des autres, on les traite par l'eau, puis on les dissout dans l'éther. Une partie reste insoluble et représente le cholestérilène (*a*) qui s'obtient ensuite en aiguilles brillantes quand on le fait cristalliser dans l'essence de térébenthine. La dissolution éthérée est ensuite additionnée d'alcool qui précipite les cholestérilènes (*b*) et (*c*). On dissout dans l'éther; le cholestérilène (*b*) cristallise pendant l'évaporation; le cholestérilène (*c*) reste comme un produit amorphe.

L'acide phosphorique concentré, chauffé avec de la cholestérine, la transforme de même en deux carbures isomériques dont l'un, le cholestérone (*a*) est soluble dans l'alcool et cristallise en longues et fines aiguilles, tandis que l'autre cholestérone (*b*) est insoluble dans l'alcool et l'éther, mais se dissout dans les huiles essentielles et cristallise en aiguilles.

L'acide azotique transforme la cholestérine en acide cholestérique et en acide acétique et ses homologues.

Réactions caractéristiques de la cholestérine. — Lorsqu'on projette un cristal de cholestérine dans de l'acide sulfurique, et qu'on additionne le mélange de chloroforme, on voit se développer une coloration rouge de sang qui passe peu à peu au violet, au bleu, au vert, et finit par disparaître. L'acide sulfurique colore en rouge la cholestérine, et, par addition d'eau, la masse devient verte, et enfin jaune.

Une trace de cholestérine chauffée doucement sur une capsule de porcelaine avec de l'acide nitrique, donne une coloration jaune qui passe au rouge dès qu'on ajoute de l'ammoniaque.

Un fragment de cholestérine, projeté dans de l'acide chlorhydrique contenant le 1/3 de son volume d'une solution de perchlorure de fer à 30°, donne successivement des colorations rouge, violette et bleue. Cette réaction ne réussit bien que sur la cholestérine pure.

Origine de la cholestérine. — La cholestérine, d'après les recherches de Flint, est un produit de désassimilation du tissu nerveux. Si on analyse en effet le sang des différents vaisseaux de l'économie, on observe que celui qui se rend au cerveau par la carotide interne n'en renferme pas, ou n'en contient qu'une faible quantité, tandis que le sang de la veine jugulaire en possède toujours une proportion notable. Le sang qui vient des extrémités inférieures, en renferme aussi plus que le sang artériel. Ces expériences furent faites sans employer les anesthésiques qui eussent pu altérer la nutrition du cerveau.

	QUANTITÉ DE SANG. — Grammes.	CHOLESTÉRINE. — Grammes.	CHOLESTÉRINE p. 1000. —
Sang veineux du bras (homme), 35 ans.	20,211	0,009	0,445
— (nègre), 22 ans.	12,171	0,008	0,658
— (homme), 24 ans.	6,653	0,005	0,751

Becquerel et Rodier ont donné les chiffres suivants :

Sang veineux d'un homme. . .	0,09	pour 1,000
— d'une femme. . .	0,09	—

Ainsi, Flint trouva dans le sang une proportion

de cholestérine sept ou huit fois plus forte que Becquerel et Rodier. La seule explication qu'on en puisse donner est que ces derniers opéraient seulement sur le sérum, et Flint sur toute la masse du sang.

		QUANTITÉ DE SANG. — Grammes.	CHOLESTÉRINE. — Grammes.	CHOLESTÉRINE p. 1000. —
1re EXPÉRIENCE. Chien adulte, taille moyenne, éthérisé	Carotide.	11,628	0,009	0,774
	Jugulaire interne.	8,733	0,007	0,801
	Veine fémorale. .	8,675	0,007	0,806
2e EXPÉRIENCE. Jeune chien de petite taille	Carotide.	9,306	0,044	0,907
	Jugulaire interne.	1,293	0,005	1,545
	Veine fémorale. .	2,911	0,005	1,028
3e EXPÉRIENCE. Chien grand et robuste.	Carotide.	9,126	0,007	0,768
	Jugulaire interne.	6,338	0,006	0,947

1re EXPÉRIENCE.

Augment. dans le sang de la jugulaire sur le sang artériel. 3,448 p. 100
— veine fémorale — 4,134 p. 100

2e EXPÉRIENCE.

Augment. dans le sang de la jugulaire sur le sang artériel. 59,772 p. 100
— veine fémorale — 6,308 p. 100

3e EXPÉRIENCE.

Augment. dans le sang de la jugulaire sur le sang artériel. 23,307 p. 100

De l'absence de la cholestérine dans le sang qui se rend au cerveau, et de sa présence dans celui des veines qui y prennent naissance, on conclut nécessairement que la cholestérine se produit dans le cerveau et est ensuite absorbée par les capillaires.

On trouve aussi un excès de cholestérine dans le sang des veines fémorales. Elle se forme donc dans les tissus qui composent les membres. L'analyse chimi-

que prouve que les muscles ne renferment pas de cholestérine et qu'elle existe dans le tissu nerveux. Par suite, celle qui circule avec le sang qui vient des membres inférieurs, provient de la désassimilation des nerfs. L'ensemble de ces résultats doit donc faire admettre que la cholestérine prend naissance dans le système nerveux, et qu'elle y est absorbée par le sang.

Élimination de la cholestérine. — Le foie élimine la cholestérine contenue dans le sang. Il résulte des observations de Flint que le sang de la veine porte laisse apercevoir à l'examen microscopique de nombreux cristaux de cholestérine, que celui de l'artère hépatique en possède aussi une quantité notable, tandis que celui des veines sushépatiques renferme beaucoup de matières grasses. Il faut une évaporation prolongée et une recherche attentive pour y trouver quelques cristaux de cholestérine. L'augmentation de la cholestérine dans le sang artériel pendant son passage à travers le cerveau est de 23,307 pour 100, et la perte éprouvée en passant par le foie est de 23,309, quantités égales. Ces chiffres concordants prouvent que la cholestérine s'élimine en entier par le foie. La cholestérine s'écoule avec la bile et arrive dans l'intestin grêle où elle subit de nouvelles transformations.

Rôle physiologique de la bile. — Une foule d'expériences tentées par divers physiologistes pour savoir si la bile est ou non indispensable à la digestion n'ont donné que des résultats contradictoires. En gé-

néral, les animaux chez lesquels on a établi des fistules biliaires périssent après un temps plus ou moins long; ils maigrissent et résistent rarement au delà de un ou deux mois. Quelques-uns, soutenus par une nourriture très-abondante, ont paru vivre plus longtemps; on a rapporté des cas où ils avaient vécu plusieurs années et étaient morts de maladies intercurrentes. Il paraît, d'après les observations de la plupart des observateurs et celles récentes de Flint, que chez tous les animaux qui se rétablissent, la bile se crée vers l'intestin un passage nouveau, souvent fort étroit et difficile à trouver, mais qui suffit pour permettre aux fonctions digestives de s'accomplir normalement. D'après Flint, les fistules qui ne sont pas accompagnées de la création d'un nouveau canal s'ouvrant dans l'intestin, amènent fatalement la mort. M. Longet pense que la bile n'est pas indispensable au travail de la digestion en général, mais néanmoins son écoulement au dehors n'est compatible avec la vie que si une copieuse alimentation compense cette perte incessante.

La bile est à la fois un produit de sécrétion et d'excrétion. Le glycocholate et le taurocholate de soude se fabriquent dans le foie, et ne se rencontrent ni dans le sang, ni dans aucun autre liquide. Les matières colorantes prennent également naissance dans le foie. Pour ces substances, la formation de la bile est une sécrétion. Bien au contraire, la cholestérine préexiste dans le sang et s'en sépare simplement par l'action propre du foie, ce qui donne à la bile les caractères d'un produit d'excrétion. La manière dont la bile s'écoule, la

rapporte également aux sécrétions et aux excrétions. Les simples sécrétions sont en général intermittentes, les simples excrétions continues. L'écoulement de la bile participe des deux, il est rémittent. Sur un chien porteur d'une fistule biliaire au douzième jour de l'opération, pesant 12 livres et ayant déjà perdu 2 livres de son poids, Flint trouva que le maximum d'écoulement de la bile a lieu entre la seconde et la huitième heure après le repas, période pendant laquelle il est à peu près le même; le minimum se montra la vingtième heure[1]. Bidder et Schmidt placent le maximum de la douzième à la quinzième heure. Ces résultats montrent que la quantité de bile sécrétée varie considérablement aux différentes époques de la digestion, ce qui la rapproche des sécrétions, et que son écoulement est continu, d'où son rapport avec les excrétions.

Comme agent d'excrétion, la bile n'a qu'un rôle limité, elle sert de voie d'élimination à la cholestérine. Cette dernière substance subit ensuite de nouvelles modifications dans l'intestin, elle se retrouve dans les fèces transformée en stercorine.

Comme agent de sécrétion, la bile jouit d'une action particulière sur les aliments. Elle n'est pas elle-même destinée à être rejetée tout entière hors de l'économie. Quelques-uns de ses éléments se trouvent résorbés pendant leur passage dans le canal intestinal.

Action de la bile sur les aliments. — La bile n'a

[1] Flint, *Recherches sur une nouvelle fonction du foie*, p. 61.

aucune action sur l'albumine coagulée, la fibrine, l'albumine précipitée des albuminates, l'albumine coagulée ou les albuminates en solution dans les sels neutres. L'albumine dissoute dans les acides ou syntonine, la parapeptone en dissolution acide, et les peptones se précipitent dès qu'on leur ajoute de la bile. On a dit que la matière qui se dépose, est formée par les acides biliaires. Kühne fait remarquer que c'est simplement une affirmation théorique[1]. Lorsqu'on traite une solution de sels biliaires par un acide étendu, l'acide glycocholique se précipite; l'acide taurocholique, plus soluble, reste dans les eaux mères et dissout aussitôt l'acide glycocholique. Cette réaction explique pourquoi le mélange des acides biliaires n'est pas précipité par une dissolution acide faible. Le précipité que fait naître la bile dans les solutions acides d'albumine, est floconneux, insoluble dans l'eau, les acides, l'alcool, et facilement soluble dans les dissolutions acides étendues. Il est formé par de l'albumine, unie aux acides biliaires. En effet, un précipité d'une nature semblable s'obtient en remplaçant les acides biliaires par de l'acide cholalique qui ne renferme pas d'azote. Après un lavage suffisant avec de l'alcool, ce dernier précipité donne tout à la fois les réactions caractéristiques d'un sel provenant de la bile, goût amer, réaction de Pettenkofer, et en même temps il dégage de l'ammoniaque quand on le fait bouillir avec une solution alcaline, ce qui indique la présence de l'azote.

[1] Kühne, *Lehrbuch der Chemie*, p. 98.

La bile précipite toutes les matières albuminoïdes en solutions acides, elle redissout ensuite le précipité quand on l'ajoute en excès. Une réaction toute semblable se produit dans l'intestin lorsque la bile se trouve en contact avec les peptones. Elle forme avec elles un précipité blanc jaunâtre, facile à reconnaître, qui tapisse les parois du canal intestinal des animaux tués pendant la digestion. Ce précipité est soluble dans les alcalis et disparaît dans les dernières parties de l'intestin. La bile se comporte avec la pepsine comme avec les solutions acides des matières albuminoïdes. On peut constater facilement qu'elle précipite la pepsine et la peptone de telle sorte qu'après avoir filtré on obtient une solution qui ne contient ni bile, ni syntonine[1], et qui a perdu les propriétés digestives de la pepsine. Brücke a montré qu'une livre de bile suffit pour précipiter toute la pepsine de l'estomac.

L'action qu'exerce la bile sur l'amidon et la fécule est très-controversée ; tantôt on l'a vue saccharifier ces éléments, tantôt être sans action. Y a-t-il là une condition particulière à l'état de la bile ? Quand elle a subi certaines altérations, ne possède-t-elle pas un pouvoir qui lui manquait à l'état frais ? L'absence ou la présence de l'air n'intervient-elle pas également ? Aucune réponse bien décisive n'a encore été donnée à ces questions. Cependant la bile abandonnée avec les matières amylacées éprouve une fermentation lactique, et l'acide produit amène la séparation des acides

[1] Kühne, *Lehrbuch der phys. Chemie*, p. 99.

biliaires. Cette transformation ne paraît qu'un premier phénomène de la fermentation putride.

La bile émulsionne les matières grasses et les rend absorbables. On en a donné pour preuve la diminution de la quantité de graisse contenue dans les chylifères des chiens porteurs d'une fistule biliaire. De plus Bidder et Schmidt ont vu que ces animaux n'absorbent par heure et par kilogramme de leur poids que le 1/5 ou le 1/7 de la quantité de graisse qu'absorbent les chiens non opérés.

Pour rendre les graisses assimilables, la bile ne les décompose pas et ne les réduit pas en leurs éléments, acide et glycérine. Les matières grasses ne sont qu'émulsionnées et se retrouvent dans le même état dans le chyle.

Résorption de la bile.— D'après Bidder et Schmidt, une grande partie de la bile est résorbée dans l'intestin, eau, mucus, sels alcalins. Retrouve-t-on les acides biliaires dans le gros intestin? Dalton a vu que les matières obtenues en faisant évaporer le contenu du gros intestin, traitant le résidu par l'alcool et précipitant par l'éther, n'ont pas d'action sur le réactif de Pettenkofer. Flint n'a pas non plus trouvé les acides biliaires dans les excréments humains d'après la même méthode. Hoppe a reconnu qu'ils sont remplacés par les produits de leur décomposition, acide cholalique, taurine et glycocolle. La taurine et le glycocolle solubles sont absorbés, l'acide cholalique insoluble dans les solutions acides se retrouve dans les fèces. L'expérience suivante semble prouver que les

acides biliaires sont réellement absorbés pendant leur passage dans l'intestin. Ces acides contiennent une certaine quantité de soufre ; Bidder et Schmidt ont prouvé que l'on ne retrouvait dans les excréments que le quinzième de la quantité qui pénètre dans l'intestin avec la bile. Ils en ont conclu que les sels biliaires devaient être absorbés pendant leur passage dans le canal alimentaire. L'absorption du soufre a lieu probablement après la transformation des acides et la formation de la taurine. Cette dernière substance existe cependant dans les fèces, selon Lehmann, et s'y trouve en petits cristaux. L'acide glycocholique, d'après Hoppe Seyler. s'y rencontre également. En admettant l'absorption des acides biliaires, on ne doit pas oublier qu'ils doivent subir une décomposition, car on ne les trouve pas dans le sang.

Analyse de la bile. — *Procédé d'Hoppe Seyler.* — On ne peut précipiter l'albumine contenue dans la bile par l'addition d'un acide minéral sans entraîner en même temps le dépôt des acides biliaires. On parvient à la séparer seule en ajoutant de l'acide acétique et en faisant bouillir. Un autre procédé consiste à additionner la bile d'alcool qui précipite à la fois l'albumine et la mucine, et à traiter ensuite le mélange recueilli sur un filtre par l'acide acétique cristallisable qui dissout l'albumine et est sans action sur la mucine. On évapore à un petit volume et on ajoute une solution concentrée de sulfate de magnésie qui précipite l'albumine.

On reconnaît le sucre par le réactif de Barreswill

ou de Bœttcher sur de la bile décolorée par le charbon animal.

L'action destructive de la bile sur les globules du sang explique pourquoi le sang ne peut exister dans la bile sans se décomposer immédiatement. L'hémoglobine se transforme en éléments albuminoïdes et en hématine, qui se reconnaît à ses caractères et à ses propriétés optiques. Les caillots qui existent dans le tissu du foie, sont formés par de l'hématine.

Pour extraire l'urée, on évapore la bile à sec, on dissout dans l'alcool et on précipite par un excès d'éther. On décante la dissolution éthérée et on évapore à sec; on reprend par un peu d'eau et on précipite l'urée à l'état d'azotate par l'addition de quelques gouttes d'acide azotique.

La bile contient de la leucine; on précipite complétement la bile par l'acétate de plomb et l'ammoniaque; on filtre, on enlève l'excès de plomb par un courant d'hydrogène sulfuré; on évapore à sec et on reconnaît la leucine à ses caractères.

Méthode générale. — On évapore à sec 20 ou 30 centimètres cubes de bile, on pèse le résidu. On dissout dans l'alcool et on passe sur un filtre pesé; le résidu insoluble lavé avec de l'alcool, desséché et pesé donne la mucine et les sels insolubles dans l'alcool. On incinère le produit et on dose les sels suivant les procédés ordinaires de l'analyse minérale.

L'extrait alcoolique est réduit à un petit volume, agité avec de l'alcool, précipité par un grand excès d'éther et abandonné à lui-même jusqu'à ce que la dis-

solution soit parfaitement éclaircie. On sépare ainsi les acides biliaires. On enlève l'excès d'éther et on l'abandonne à l'évaporation. Le résidu contient les matières grasses, la cholestérine, la lécithine et l'urée. On traite par l'eau qui dissout l'urée seule; on la dose à l'état d'azotate d'urée. La cholestérine, la lécithine et les matières grasses se séparent par la saponification, puis, en reprenant le savon par l'éther, on dissout la cholestérine. On peut également déterminer la proportion de cholestérine en mesurant son pouvoir rotatoire, après avoir décoloré la dissolution par du charbon animal.

La séparation et la détermination des acides taurocholique et glycocholique est fondée sur ce que ces acides, par l'ébullition avec la potasse, se décomposent l'un en acide cholalique et en taurine, l'autre en acide cholalique et en glycocolle. On évapore à sec le précipité formé par l'éther; on le chauffe au bain-marie pendant vingt-quatre heures avec une solution de potasse; on précipite l'acide cholalique formé par l'acide chlorhydrique; on le transforme en une modification peu soluble dans l'eau en le traitant par l'éther; on le lave avec de l'eau; on le dissout dans l'alcool, il cristallise par évaporation, on le sèche et on le pèse.

La solution chlorhydrique aqueuse dont on a séparé l'acide cholalique par la filtration, contient du soufre. On en détermine la proportion par la fusion avec du carbonate et du nitrate potassique. On dissout dans HCl. et on dose le soufre en le précipitant à l'état de

sulfate de baryum. Du poids du soufre, on calcule la quantité de taurine et par suite d'acide taurocholique et d'acide cholalique correspondante. L'excès d'acide cholalique provient de l'acide glycocholalique et sert à en fixer la proportion. 100 parties d'acide taurocholique correspondent à 72,22 d'acide cholalique, 100 parties d'acide cholalique à 113,98 d'acide glycocholique.

La bile ne contient pas de sulfate dans ses éléments, aussi peut-on doser le soufre des acides biliaires en le transformant en sulfate. On a trouvé dans la bile desséchée à 110° 6,34 de soufre chez l'oie, 6,24 chez le chien, 5,96 chez le renard, 5,71 chez le mouton, 0,33 chez le porc ; chez l'homme la quantité maximum a été de 2,99, le minimum de 0,83.

TABLEAU REPRÉSENTANT LA COMPOSITION DE LA BILE D'APRÈS GORUP—BESANEZ.

POUR 100 PARTIES.	BILE DE BŒUF.	BILE DE PORC.	BILE DE POISSON SILURES.	BILE DE SERPENT.	BILE D'OIE.	BILE DE KANGUROO.
	Berzelius.	Gundelach et Strecker	Schlossberger.	Schlossberger.	Marsson.	Schlossberger.
	—	—	—	—	—	—
Eau..........	904,4	888,0	944,8	904,2	800,2	858,7
Matières solides.....	95,6	112,0	55,2	95,8	199,8	141,3
Acides biliaires combinés aux bases....	80,0	83,8	36,3	84,6	170,1	75,9
Matières grasses....		22,3	2,3	0,3	3,6	10,9
Mucus et matières colorantes........	3,0	5,9	14,8	8,9	25,6	43,4
Sels inorganiques...	12,6	»	»	2,0	»	11,1

POUR 1,000 PARTIES.	FRERICHS. Homme de 18 ans mort d'une chute.	FRERICHS. Homme de 23 ans mort de blessures.	GORUP-BESANEZ. Homme de 49 ans décapité.	GORUP-BESANEZ. Femme de 23 ans décapitée.	GORUP-BESANEZ. Homme de 68 ans mort d'une chute.	GORUP-BESANEZ. Enfant de 12 ans mort d'une blessure.
Eau..........	860,0	859,2	822,7	898,1	908,7	828,1
Matières grasses....	140,0	140,8	177,3	101,9	91,3	171,9
Acides biliaires combinés aux alcalis...	72,2	91,4	107,9	56,5	73,7 (acides biliaires, graisse et cholestérine)	148,0
Graisse........	3,2	9,2	47,3 (graisse et cholestérine)	»		
Cholestérine......	1,6	2,6		30,9		
Mucus et matières colorantes........	26,6	29,8	22,1	14,5	17,6	23,9
Sels inorganiques...	6,5	7,7	10,8	6,3	»	»

D'après Frerichs, la quantité de chlorure de sodium contenue dans la bile de l'homme varie de 2,0 à 2,5.

On a trouvé, pour les cendres de la bile, la composition suivante :

Chlorure de sodium......	27,70
Potasse.	4,80
Soude............	36,73
Chaux............	1,43
Magnésie...........	0,53
Oxyde de fer.........	0,23
— de manganèse.....	0,12
Acide phosphorique......	10,45
— sulfurique.......	6,39
— carbonique.......	11,26
— silicique........	0,36

Gaz de la bile. — Pflüger a extrait les gaz contenus dans la bile à l'aide de la pompe à mercure ; il a ajouté de l'acide phosphorique pour dégager l'acide

carbonique que l'action du vide n'avait pas suffi pour entraîner, et il a trouvé les chiffres suivants rapportés à 0 et à 1 mètre de pression.

	BILE DE CHIEN	
	—	Nourri avec de la viande.
Oxygène	0,2	»
Acide carbonique dégagé par l'action seule du vide	14,4	5,0
Acide carbonique dégagé par l'addition d'acide phosphorique	41,7	0,6
Azote	0,4	0,6

Bogoljubow fit avec la pompe à gaz un grand nombre d'expériences pour déterminer la quantité relative d'acide carbonique libre et combiné qui se trouve dans la bile. Il trouva des chiffres variables, pour la même bile, et reconnut que la quantité d'acide carbonique est d'autant plus considérable que la bile est plus fraîche. Sur un chien il obtint 19,5 d'acide carbonique libre et 37,5 pour 100 d'acide carbonique combiné; dans une autre expérience, 62,5 d'acide carbonique libre pour 100 d'acide carbonique combiné. Quand la nourriture est riche en matières animales, la quantité d'acide carbonique augmente dans la bile.

PANCRÉAS

Le pancréas est un organe glandulaire qui présente par sa structure et ses fonctions la plus grande analogie avec les glandes salivaires. Il forme une glande en grappe dont les éléments cellulaires[1] mesurent

Cruveilhier, *Anatomie descriptive*, 4e édit., 1865, p. 217.

$0^{mm},02$ à $0^{mm},03$ en diamètre et renferment une substance demi-solide et des noyaux extrêmement multipliés, avec ou sans membrane d'enveloppe. Dans ces cellules se rencontrent des granulations de diverses grosseurs qui semblent formées par de la graisse. Le conduit excréteur, canal de Wirsung, est contenu tout entier dans l'épaisseur de la glande et en mesure toute la longueur. Étroit à l'extrémité splénique, qu'on peut regarder comme son origine, il augmente progressivement à mesure que l'on approche de son extrémité duodénale ; là il s'infléchit en bas pour atteindre le canal cholédoque, à gauche duquel il est placé, s'accole à ce conduit, le perfore obliquement et s'ouvre dans l'ampoule olivaire qui précède immédiatement l'orifice duodénal du canal cholédoque. Le canal de Wirsung présente souvent des anomalies, il s'ouvre souvent dans l'intestin par plusieurs ouvertures. Les divisions du canal pancréatique ne se réunissent pas en ramuscules, rameaux et branches, à la manière des veines, mais les ramuscules provenant de chaque lobule se rendent directement et successivement au conduit général.

Le pancréas a une réaction alcaline. Traité par l'eau froide, il fournit un extrait également alcalin qui contient des albuminates, de l'albumine coagulable, beaucoup de sels et des matières extractives auxquelles cet organe doit ses propriétés physiologiques particulières.

Les substances qui entrent dans la composition du pancréas peuvent s'obtenir d'un extrait aqueux ou d'un

extrait alcoolique. On broie la pulpe avec du sable et on épuise par l'eau à la température ordinaire ou par l'alcool, et on obtient par évaporation un extrait très-complexe dans lequel se trouvent particulièrement :

Eau — Albumine soluble — Leucine — Tyrosine — Guanine — Xanthine — Acide lactique — Acides gras volatils — Inosite — Matières grasses — Sels inorganiques.

Analyse. — La propriété d'acidifier immédiatement les graisses est, d'après M. Bernard, le caractère du tissu pancréatique. En opérant en présence de teinture bleue de tournesol, on voit immédiatement la teinte virer au rouge. Cette réaction n'apparaît qu'avec l'organe frais.

Lorsque le pancréas commence à s'altérer et à subir un commencement de putréfaction, le chlore développe une coloration rouge particulière dans l'eau privée de matières albuminoïdes où a infusé le tissu de l'organe. Sous l'influence d'un excès de chlore, le liquide prend une teinte jaune.

On donne les chiffres suivants comme établissant la composition de la glande :

Eau.	745,33	Ordmann.
Éléments organiques.	248,77	
— inorganiques. . . .	9,50	
Leucine.	1,77	Scherer.
Xanthine.	0,0166	
Guanine.	0,0122	

La plus grande partie des éléments organiques est constituée par des matières albuminoïdes et des matières grasses.

D'après Bischoff, le pancréas contient :

Eau.	82,613
Matières solides.	17,836

Les analyses du suc pancréatique ne doivent se faire que sur le liquide fourni par les fistules, et seulement sur les premiers produits avant l'altération du fluide sécrété. On n'a donc de comparable que les analyses du suc pancréatique recueilli sur les animaux.

Sur des chiens, dans la limite où sa composition est normale, M. Bernard lui attribue la composition suivante :

Eau.	90 à 92	
Parties solides..	10 à 8	
	100	100

Les parties solides contiennent :

Matières organiques précipitables par l'alcool et contenant toujours un peu de chaux..		90 à 92	du suc desséché.
Matières salines. .	Carbonate de sodium. Chlorure de sodium. . — de potassium. Phosphate de calcium.	10 à 8	—
		100 100	

La densité du suc pancréatique varie avec la rapidité de la sécrétion. Ludwig, Weimann, ont trouvé dans les liquides des fistules permanentes environ 5 pour 100 en moyenne d'éléments solides. D'après M. Bernard, le poids des sels est en rapport inverse avec celui des matières coagulables.

TABLEAU REPRÉSENTANT LA COMPOSITION DU SUC GASTRIQUE DU CHIEN (D'APRÈS GORUP-BESANEZ).

POUR 1,000 PARTIES.	SUC PANCRÉATIQUE DE CHIEN					
	obtenu par une fistule permanente.				obtenu par l'ouverture du conduit pancréatique.	
	1	2	3	Moyenne.	1	2
Eau	977,78	979,95	984,63	980,45	900,76	884,4
Matières solides	23,22	20,07	15,37	19,55	99,24	115,6
Albumine	16,38	12,45	9,21	22,71	90,44	»
Sels	6,85	7,52	6,16	6,84	8,80	»
Soude unie à l'albumine	3,818	2,858	3,249	3,31	0,58	»
Chlorure de sodium	1,917	3,484	2,110	2,50	7,35	»
— de potassium	1,008	1,059	0,738	0,95	0,02	»
Phosphate de calcium	0,051	0,100	0,0 1	0,07	0,41	»
— terreux et traces de phosphate de fer	0,024	0,006	0,005	0,01	0,12	»
— de sodium tribasique	0,015	»	»	0,01	»	»
Chaux fixée à l'albumine	»	»	»	»	0,32	»
Magnésie *id.*	»	0,015	0,006	0.01	»	»

Leucine $C^{6}H^{13}AzO^{2}$. — La leucine est une substance très-répandue dans l'économie. Elle se trouve dans le pancréas et le suc pancréatique, la rate, le thymus, la glande thyroïde, les glandes sous-maxillaires et parotides, le poumon, en petite quantité dans le foie sain, en proportion souvent considérable lors de certaines maladies, comme le typhus, la variole ; dans les reins, la cervelle des bœufs, le sang des leucocythémiques, le sang des veines porte et sushépatiques sous certaines influences morbides, dans le pus ; jamais dans le sang, ni le liquide musculaire à l'état de santé.

On obtient la leucine en traitant le pancréas, soit avec l'eau, et on coagule par la chaleur la dissolution acidulée ; soit par l'alcool, puis on évapore à sec et on reprend par l'eau. Le liquide est alors privé d'albumine ; on le précipite, d'après Stædeler, par l'acétate de plomb ; on enlève l'excès de plomb du liquide filtré par un courant d'hydrogène sulfuré; on évapore à une basse température et on reprend par l'alcool fort et bouillant. Après l'évaporation de l'alcool, la leucine reste en masses cristallines. On purifie en la faisant recristalliser.

Pour extraire la leucine du tissu des divers organes, Hoppe Seyler les mêle avec de l'eau, soumet à la presse, recueille le liquide qui s'écoule, le porte à l'ébullition avec de l'acide acétique afin de coaguler les matières albuminoïdes, filtre et ajoute un excès d'acétate de plomb. Il lave le précipité, puis le suspend dans l'eau et le décompose par l'hydrogène

sulfuré, évapore le liquide filtré et reprend par l'alcool bouillant.

La leucine s'obtient dans de nombreuses réactions. On la prépare en laissant putréfier pendant plusieurs mois du caséum et du gluten que l'on a soin de maintenir constamment humides. Lorsque le dégagement des gaz a cessé, on étend la masse avec de l'eau, on la filtre et on l'évapore en consistance de sirop. Le résidu sirupeux, traité par l'alcool bouillant, cède la leucine à ce liquide qui la dépose à l'état cristallin par le refroidissement.

On la prépare également en épuisant par l'eau froide la viande maigre hachée et en reprenant le résidu de la compression par son poids d'acide sulfurique. Le liquide, privé de graisse, est porté à l'ébullition pendant plusieurs heures, neutralisé par du carbonate de baryum, filtré, évaporé à sec, repris par l'alcool bouillant qui dissout et sépare la leucine.

Un autre procédé consiste à attaquer l'albumine, la gélatine, la fibrine par la potasse en fusion, reprendre par l'eau quand la décomposition est complète, neutraliser la dissolution par l'acide acétique, filtrer bouillant et évaporer à siccité. Le résidu, repris par l'alcool, cède la leucine à ce dissolvant.

On peut encore traiter la corne, le ligament cervical par l'acide sulfurique. On fait bouillir une partie de rognure de corne avec quatre parties d'acide sulfurique et douze parties d'eau pendant trente-six heures. On sature par un lait de chaux en faisant bouillir pendant vingt-quatre heures ; on précipite l'excès de

chaux par un courant d'acide carbonique, puis on filtre et on évapore la dissolution qui dépose d'abord de la tyrosine, puis de la leucine.

La leucine cristallise en petites lamelles blanches, elle se dissout dans 27 parties d'eau froide et plus abondamment dans l'eau bouillante. Elle est peu soluble dans l'alcool, et insoluble dans l'éther; elle fond à 170°. Chauffée à une température élevée, elle se décompose en acide carbonique et en amylamine. Distillée avec un mélange d'acide sulfurique étendu et de paroxyde de manganèse, elle fournit de l'eau, de l'acide carbonique et du cyanure de tétryle. Elle est un homologue du glycocolle et de l'alanine. L'acide nitreux la décompose en azote et en acide leucique homologue des acides glycollique et lactique. M. Limpricht l'a obtenue en traitant le valérylure d'ammonium par l'acide cyanhydrique et l'acide chlorhydrique.

$$\underset{\text{Valérylure d'ammonium.}}{C^5H^9(AzH^4)O} + \underset{\text{Acide cyanhydrique.}}{CAzH} + H^2O = \underset{\text{Leucine.}}{C^6H^{13}AzO^2} + AzH^3$$

M. Cahours a vu également qu'on pouvait la préparer artificiellement en traitant la thialdine par l'oxyde d'argent. La thialdine elle-même se produit par l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'aldéhydate d'ammoniaque; elle a pour formule $C^6H^{13}AzS^2$; elle ne fait donc que changer son soufre contre de l'oxygène pour se transformer en leucine.

SUC PANCRÉATIQUE

Le produit de la sécrétion du pancréas vient se déverser dans la deuxième portion du duodénum, soit par un conduit isolé, soit par un canal commun avec la bile, quelquefois par deux conduits s'ouvrant l'un au-dessus de l'autre.

On obtient le suc pancréatique en établissant des fistules sur des chiens. L'animal[1] étant couché sur le côté gauche, on lui fait dans l'hypochondre droit, au-dessous du rebord des côtes, une incision large de 7 à 8 centimètres qui permet d'attirer au dehors le duodénum et une partie du pancréas. On isole aussi rapidement que possible le plus volumineux des deux conduits pancréatiques qui, chez le chien, s'ouvre isolément et obliquement dans le duodénum, à 2 centimètres environ au-dessous du canal cholédoque. On l'ouvre avec une pointe de ciseaux fins; il s'en écoule aussitôt de grosses gouttes d'un suc pancréatique incolore limpide. On introduit dans le canal un petit tube d'argent de 5 millimètres de diamètre et de 10 à 12 centimètres de long, puis, après avoir rentré les organes dans l'abdomen, on réunit la plaie par une suture et on recueille dans une vessie en caoutchouc le liquide qui s'écoule par l'extrémité libre du tube d'argent. Sur un chien, par heure, on peut obtenir d'abord 2 à 3 grammes de suc pancréatique normal, plus tard

[1] Claude Bernard, *Leçons de physiologie*, t. II, p 190; 1856.

la glande s'enflamme et sécrète des quantités beaucoup plus considérables de liquide altéré. On a donc à étudier séparément le liquide pancréatique normal fourni par les fistules non permanentes et le liquide altéré qui s'écoule des fistules permanentes.

Le liquide des fistules non permanentes est visqueux, presque toujours clair, sans élément morphologique ; sa réaction est alcaline, sa saveur salée, sa densité oscille entre 1008 à 1010. Refroidi à 0, il se prend partiellement en une gelée transparente, dont la réaction alcaline est moins prononcée que celle du liquide surnageant. Maintenu pendant longtemps à 75^{c} dans un bain-marie, il se coagule en formant des flocons blancs et laisse un liquide très-alcalin dans lequel l'addition d'acide acétique produit un précipité, dû à la présence d'albuminates. Il se coagule par l'alcool, et le produit est soluble dans l'eau. Mais si l'action de l'alcool se prolonge, tout l'alcali se dissout, et lorsqu'on a décanté l'alcool, le produit est devenu insoluble dans l'eau. Les acides, les sels métalliques, le sulfate de magnésie le coagulent et le transforment en une masse concrète d'une grande blancheur. L'acide acétique y fait naître un trouble transparent qui se dissout par l'action de la chaleur dans un excès d'acide acétique. On n'a pas encore déterminé avec certitude si le suc pancréatique contient de la mucine. En évaporant ce liquide, on obtient d'abondants cristaux de leucine. Le liquide pancréatique se putréfie très-rapidement, et, d'après MM. Robin et Verdeil, laisse alors déposer des cristaux de sulfate de calcium.

Le liquide des fistules pancréatiques permanentes est très-fluide, mousse par l'agitation sans se séparer en masse gélatineuse; son poids spécifique est plus faible que celui du suc normal. La transformation du suc pancréatique normal en suc pancréatique altéré ne se fait pas brusquement; elle arrive au contraire d'une manière graduelle, de sorte qu'entre les caractères du suc pancréatique normal et ceux du suc morbide, on peut trouver beaucoup d'intermédiaires.

Wittich en broyant le pancréas avec de la glycérine obtient une dissolution très-active de suc pancréatique qui agit rapidement sur la fibrine. Si on lave préalablement le pancréas avec de l'alcool, le produit obtenu avec la glycérine est sans action sur la fibrine quoique capable de modifier rapidement l'amidon.

Pancréatine. — Le suc pancréatique agit d'une manière spéciale sur l'amidon, les matières albuminoïdes et les graisses ; il les transforme en produits assimilables dans l'organisme. Le principe actif qui amène cette transformation, s'extrait en traitant le suc pancréatique par l'alcool. On obtient un précipité de pancréatine dont la solution aqueuse jouit des propriétés du suc pancréatique lui-même.

La dissolution des matières albuminoïdes, la transformation de l'amidon en sucre et la décomposition des graisses ne sont pas dues, d'après Danilewski[1], à l'action du même ferment, mais à trois substances con-

[1] Virchow, *Arch.*, 1862, t. XXV, p. 279.

tenues dans le suc pancréatique. On peut les séparer de la manière suivante : on lave rapidement avec de l'eau le pancréas d'un chien tué sept ou huit heures après le repas ; on le broie avec du sable, on l'agite avec de l'eau et on le laisse digérer pendant une ou deux heures à 20 ou 30° ; on passe dans un filtre de laine. Le liquide filtré peut avoir une réaction acide, neutre ou alcaline; on le traite par de la magnésie calcinée et on passe de nouveau dans un filtre de laine. On obtient un liquide qui se comporte comme le suc pancréatique par rapport à la fibrine et à l'amidon, mais qui ne réagit plus sur les graisses. On le porte dans une carafe d'une capacité triple ; on ajoute le tiers de son volume de collodion épais sans agiter ; on bouche et on agite ensuite fortement, puis on verse la matière dans un vase ouvert qui permet l'évaporation de l'éther. Le précipité se sépare, on passe sur filtre de toile. On traite de nouveau le liquide filtré par le collodion et on ajoute le précipité au premier. Le liquide qui s'écoule possède encore la propriété de réagir sur l'amidon. Le précipité contient la substance qui dissout les corps albuminoïdes. On le lave avec de l'alcool, on sèche entre des feuilles de papier, on dissout le collodion par un mélange d'alcool et d'éther, on filtre, on laisse évaporer l'éther ; on étend le résidu avec de l'eau qui dissout la substance active sur la fibrine pendant qu'un peu d'albumine reste sans se dissoudre. Ce corps est insoluble dans l'alcool, facilement soluble dans l'eau.

Action sur les matières féculentes. — Le suc pan-

créatique agit sur les matières féculentes comme la salive, et les transforme en dextrine et en sucre. Mais son action est beaucoup plus prompte et varie d'ailleurs avec la température. A 40°, la transformation est presque instantanée ; à la température ordinaire, elle est moins vive, et on peut constater le passage successif de l'amidon en dextrine et en sucre. On a vu précédemment que la salive n'amenait pas la dissolution de la totalité de l'amidon, que les parties les plus résistantes restaient inaltérées. Le ferment pancréatique paraît au contraire saccharifier la totalité de l'amidon.

L'agent particulier qui, dans le suc pancréatique, agit sur les matières amylacées, a d'abord été obtenu par Cohnheim à l'aide du procédé qui avait servi à extraire le principe actif de la salive. A du suc pancréatique refroidi à 0°, il ajoute de l'acide phosphorique et ensuite de l'eau de chaux qui entraîne le ferment avec l'acide phosphorique. Danilewski a préparé la même substance à l'aide du collodion, comme on l'a vu plus haut. La substance, ainsi isolée, ne donne pas de coloration jaune avec l'acide azotique et l'ammoniaque, et ne possède aucun des autres caractères des matières albuminoïdes. On ne peut jamais cependant la débarrasser complétement du ferment qui agit sur ces dernières substances. Les réactions du suc pancréatique se produisent également chez l'animal vivant, sans que la présence du suc gastrique, de la bile, du suc intestinal, des matières grasses ou albuminoïdes y apportent aucun obstacle. Dans l'esto-

mac d'un chien qui avait mangé de la fécule hydratée, M. Bernard a retrouvé encore la fécule à l'état de fécule, bleuissant sous l'influence de l'iode et sans action sur le tartrate cupropotassique, tandis que, dans le duodénum l'amidon n'est plus reconnaissable, et qu'au-dessous de l'ouverture du conduit pancréatique le sucre donne immédiatement ses réactions caractéristiques. Les chiens chez lesquels on a détruit le pancréas par des injections de matières grasses, ou chez lesquels on élimine le suc pancréatique par des fistules, ne digèrent plus les matières amylacées. L'amidon passe inaltéré à travers le canal intestinal et se retrouve dans les excréments. Dans des expériences faites sur des pigeons, M. Bernard a constaté, à l'aide du microscope, toutes les réactions de la fécule inaltérée dans les matières contenues dans le rectum. Les grains de fécule renfermés dans les cellules bleuissaient parfaitement par l'iode, et les parois des cellules prenaient une teinte jaune.

Action sur les matières albuminoïdes. — On entrevoyait à peine l'action du pancréas sur les matières albuminoïdes, lorsque M. Bernard reconnut qu'un mélange de suc pancréatique et de bile a la propriété de produire la facile dissolution de ces substances.

M. Corvisart montra depuis que la bile n'intervient pas dans ces réactions, que le suc pancréatique les produit seul. Ces faits contestés par Funke et d'autres auteurs allemands qui ne voulurent voir dans l'action du suc pancréatique que des phénomènes de putréfaction, furent, avec quelques modifications, cor-

roborés depuis par ceux de Kühne[1] et de Diakonow[2]. M. Corvisart[3] étudia comparativement l'action du suc pancréatique obtenu à l'aide d'une fistule et celui que l'on prépare par l'infusion du pancréas, et trouva la même action dans les deux produits. Kühne a depuis confirmé ces résultats par des expériences faites sur 11 chiens ayant des fistules pancréatiques. Il vit que ce liquide peut dissoudre en deux heures et demie ou trois heures une quantité considérable d'albumine coagulée sans qu'il y ait trace de produits de décomposition putride, et que les substances transformées ne sont plus susceptibles d'être coagulées par la chaleur ou par l'addition d'un acide, et passent avec facilité à travers un dyaliseur.

Pour préparer l'infusion du pancréas, on prend l'organe au moment où il est en pleine activité, c'est-à-dire sur un chien, cinq ou six heures après un repas abondant. La sécrétion est en effet variable suivant le temps qui suit l'ingestion d'aliments. Au maximum après cinq ou six heures, elle devient au minimum de la treizième à la quatorzième heure, et augmente un peu ensuite si le jeûne se prolonge. Cette sécrétion est d'ailleurs sous l'influence de la digestion gastrique. Toutes les causes qui retardent la formation de la peptone gastrique retardent, par cela même, la digestion pancréatique. Le liquide obtenu avec le

[1] Kühne, *Ueber die Verdauung des Eiweisstoffe durch den Pancreas Saft* (Virchow's *Arch.*, Bd XXXIX, S. 130).

[2] Diakonow, *Medecinisch-chemische Untersuchungen*. 2 Heft, S. 242; 1867.

[3] Corvisart, *Gazette hebdomadaire*, 1869.

pancréas d'un chien et d'un herbivore produit, pour chacun d'eux, la dissolution à peu près constante de 40 grammes d'albumine coagulée. La peptone obtenue diffère de la peptone gastrique parce qu'elle ne précipite pas par le chlorure de platine. En remplaçant l'albumine par de la fibrine, on obtient une peptone différente qui précipite par ce réactif.

Le pancréas est donc un organe complémentaire dont l'action vient s'ajouter à celle de l'estomac, de telle sorte qu'un aliment azoté qui a subi complétement la digestion gastrique n'est plus modifié par le suc pancréatique. Toujours beaucoup moins abondant que le suc gastrique, ce dernier liquide a une activité environ dix fois plus grande et agit aussi bien à l'état alcalin, neutre ou acide. Cependant, la pancréatine et la pepsine se neutralisent l'une l'autre lorsqu'on les fait réagir ensemble sur un même aliment, et leur action peut se réduire à zéro par des proportions convenables. Les digestions, soit gastrique, soit pancréatique, effacent d'abord, les propriétés caractéristiques des diverses substances albuminoïdes et les transforment en peptones dont la nature et les propriétés varient comme celles des substances dont elles proviennent.

Kühne se sert aussi d'une décoction de pancréas pris sur des chiens nourris avec de la viande de cheval, et la fait réagir sur la fibrine du sang coagulée par l'ébullition. Il admet qu'elle reprend d'abord les propriétés de la fibrine naturelle, redevient, comme elle, soluble dans le sel marin et les acides étendus, puis passe à l'état de solution complète avec formation d'al-

bumine coagulable, de peptone, de tyrosine et de leucine. Cette peptone ne se coagule pas par l'ébullition et donne les réactions de l'albumine avec l'acide chlorhydrique bouillant, l'azotate de mercure, le sucre et l'acide sulfurique. L'acide acétique et le ferrocyanure de potassium ne la précipitent pas d'abord dans les solutions neutres, mais par le repos ils y font naître un trouble manifeste. L'acide tannique, le sublimé, les acétates neutre et basique de plomb la précipitent complétement. Avec les solutions alcalines de cuivre elle donne une coloration rouge. Toutes ces réactions sont semblables à celles que donne la peptone gastrique. Elles se distinguent l'une de l'autre, cependant, en ce que le précipité de la peptone gastrique, par l'acétate de plomb, se dissout dans un excès de plomb, ce qui n'a pas lieu avec la peptone du pancréas. De plus, l'acide acétique et un excès de bichromate de potasse donnent un trouble qui ne se produit pas avec la peptone pancréatique. La peptone gastrique, qui n'est plus coagulable, n'est pas modifiée par le suc pancréatique. Diakonow admet que les peptones, obtenues par le suc pancréatique, précipitent par les acides et les sels acides, sauf le phosphate acide de sodium. En séparant, par la filtration, le précipité obtenu par l'addition d'un acide, il obtient en dissolution une substance albuminoïde de la nature des peptones, laquelle précipite par le tannin et l'acétate de plomb, et ne donne pas de précipité par le ferrocyanure de potassium. Les acides et les alcalis qui ne sont pas capables de dissoudre les éléments albuminoïdes ne

détruisent pas l'action de la pancréatine, par exemple les acides carbonique, borique, la magnésie, l'eau de chaux, le phosphate de soude basique, etc.

Action sur les matières grasses. — MM. Bouchardat et Sandras, et depuis M. Bernard, ont reconnu que, outre la propriété de transformer l'amidon et de dissoudre les matières albuminoïdes, le suc pancréatique avait encore celle de rendre les matières grasses absorbables dans l'économie. Agité avec des matières grasses neutres, telles que les huiles, les graisses, par elles-mêmes complétement insolubles dans l'eau, il les émulsionne, c'est-à-dire leur fait prendre la forme de globules extrêmement fins qui restent en suspension dans l'eau et ne se déposent pas, même après plusieurs jours de repos. Quelquefois les globules graisseux sont plus volumineux que ceux qui se rencontrent dans le lait, ainsi que l'on peut s'en convaincre par l'examen microscopique.

La propriété de faire des émulsions persistantes est propre au suc pancréatique ; la bile, la salive, les autres liquides de l'économie paraissent aussi produire par l'agitation des émulsions, mais ce n'est qu'une apparence : après un repos suffisant, les liquides mélangés se séparent et se superposent dans l'ordre de leurs densités respectives.

Le suc pancréatique normal a d'ailleurs sur les matières grasses une action beaucoup plus marquée que celui qui est fourni par les fistules permanentes. Le suc pancréatique normal, c'est-à-dire le suc pancréatique alcalin, visqueux, se coagulant en masse par

la chaleur et par les acides, émulsionne instantanément les matières grasses et les dédouble en leurs éléments constituants, acides gras et glycérine. Le suc pancréatique altéré est, au contraire, presque inactif.

Les matières grasses artificielles préparées par synthèse se comportent, sous l'influence du suc pancréatique, comme les matières grasses naturelles. A 20 grammes de suc pancréatique extrait d'un chien en digestion, M. Berthelot ajouta quelques décigrammes de monobutyrine et maintint le tout à une douce chaleur pendant vingt-quatre heures. Au bout de ce temps, le liquide était devenu blanc laiteux, et exhalait une très-forte odeur d'acide butyrique. Il l'étendit de son volume d'eau et l'agita avec de l'éther pour dissoudre la butyrine non décomposée et l'acide butyrique, tandis que la glycérine resta dans la dissolution aqueuse. L'éther fut évaporé ; le résidu avait une réaction acide; il fut saturé exactement par une quantité d'eau de baryte titrée qui correspondait à 0,2106 d'acide butyrique. En agitant avec de l'éther, la butyrine non décomposée fut entièrement dissoute ; son poids, obtenu par l'évaporation de l'éther, ne répondit qu'à quelques centigrammes. Le liquide aqueux contenant la glycérine fut filtré et évaporé à sec, au bain-marie, en présence d'un excès d'oxyde de plomb. Le résidu, repris une seule fois par l'alcool absolu froid, et traité par l'hydrogène sulfuré pour enlever l'excès de plomb, donna un sirop d'une saveur d'abord sucrée, puis légèrement saline, insoluble dans

l'éther et déliquescent. Ces caractères, joints à la dissolution de l'oxyde de plomb et à l'origine du produit, s'accordent avec la présence de la glycérine.

Dans une autre série d'expériences, M. Berthelot fit réagir 15 grammes de suc pancréatique sur quelques grammes de graisse de porc récemment préparée et rigoureusement neutre. Il maintint le tout à une douce chaleur pendant vingt-quatre heures, puis agita le mélange avec de l'éther, et répéta une série d'essais semblables à ceux qu'il avait employés pour constater la décomposition de la monobutyrine. Il arriva ainsi à reconnaître que le suc pancréatique avait décomposé une matière grasse naturelle en un acide gras cristallin, fusible à 61°, et en glycérine.

La substance complexe connue sous le nom de pancréatine, que l'on obtient en précipitant le suc pancréatique par l'alcool, amène des dédoublements pareils à ceux qui précèdent. Lorsqu'elle réagit sur les matières grasses, elle les transforme en acides gras et en glycérine.

En étudiant l'action du suc pancréatique chez l'animal vivant, on lui reconnaît de même la faculté d'émulsionner et de modifier les matières grasses dans l'intestin, de les rendre absorbables, et de devenir ainsi l'agent particulier de la formation du chyle.

Quand[1] on suit la graisse alimentaire dans les voies digestives, on trouve que cette matière se fond par la chaleur de l'estomac, qu'elle s'y reconnaît à ses carac-

[1] Bernard, *Leçons de physiologie*, tome III, p. 269.

tères et qu'elle se fige à la surface du suc gastrique par le refroidissement. Dans l'intestin, au contraire, au-dessous de l'ouverture des conduits pancréatiques, la graisse ne peut plus être distinguée; elle forme une matière pultacée, émulsive, crémeuse, colorée en jaune par la bile. Les vaisseaux chylifères se voient gorgés d'un suc blanc laiteux homogène. Si, au contraire, on a préalablement lié les conduits pancréatiques, la graisse reste inaltérée. Ce fait se constate facilement sur des lapins nourris avec des matières grasses. Chez ces animaux, le canal pancréatique s'ouvre environ à 35 centimètres au-dessous du canal cholédoque. Lorsqu'on les nourrit avec des matières grasses, on voit que c'est précisément après l'abouchement du canal du pancréas, que les vaisseaux chylifères renferment un liquide blanc et laiteux, tandis que plus haut ils ne contiennent qu'un chyle transparent.

Quand sur un animal vivant on empêche le suc pancréatique d'arriver dans l'intestin, soit par des fistules sur les conduits excréteurs, soit, comme l'a montré M. Bernard, par la destruction du pancréas à l'aide d'injections de matières grasses, qui ont la propriété de détruire le tissu de la glande, on reconnaît que les matières grasses introduites dans l'alimentation se retrouvent inaltérées dans les excréments, et qu'elles sont rejetées au dehors comme des matières réfractaires à la digestion.

Relations entre les fonctions du pancréas et celles de la rate. — Suivant Schiff, il y a un rapport intime

entre les fonctions de la rate et celles du pancréas, de telle sorte que, chez les animaux qui en ont subi l'extirpation, le suc pancréatique devient complétement inerte en présence des matières albuminoïdes. Mais en même temps la sécrétion du suc gastrique augmente considérablement et devient capable de produire à elle seule des effets plus intenses que les deux autres liquides agissant ensemble dans les conditions normales. Schiff attribue à ce surcroît d'activité l'engraissement et l'augmentation d'appétit observés chez les animaux dératés.

SUC INTESTINAL

Le suc intestinal se compose du produit de la sécrétion fournie par les glandes de Brunner qui forment comme un collier autour du pylore et n'existent que dans le duodénum, et du liquide des glandes de Lieberkühn uniformément répandues dans toute la longueur de l'intestin grêle et se continuant dans le gros intestin[1]. Elles correspondent aux glandes tubulaires de l'estomac, comme les glandes de Brunner véritablement acineuses offrent tous les caractères des glandes buccales et labiales.

Enfin il s'y ajoute du mucus visqueux renfermant des granulations graisseuses, des leucocytes et des cellules épithéliales[2].

[1] Cruveilhier, *Traité d'anatomie*, t. II, p. 147.
[2] Robin, *Leçons sur les humeurs*, p. 469.

On a cherché à obtenir le liquide intestinal en ouvrant une anse de l'intestin chez l'animal vivant et en irritant la muqueuse avec du vinaigre, mais on n'obtient qu'un produit impur. Bidder et Schmidt recueillirent du suc intestinal pur sur un chien dont ils avaient lié et isolé les conduits pancréatique et cholédoque, et chez lequel aussi ils avaient établi une fistule biliaire et une fistule intestinale. Celle-ci avait son siége dans l'intestin grêle entre le premier et le second tiers de sa longueur. Ils recueillirent le liquide du huitième au douzième jour après l'opération.

M. Colin obtient le liquide intestinal exempt du produit des glandes de Brunner en attirant hors de la cavité abdominale une anse d'intestin grêle d'un cheval en pleine digestion. Il applique un compresseur qui en maintient exactement les parois en contact; partant de ce point intercepté, il presse doucement l'anse entre ses doigts jusqu'à ce qu'elle soit débarrassée de son contenu sur une longueur de 1 mètre et demi à 2 mètres. Alors il applique un second compresseur; cela fait, l'anse intestinale est refoulée dans le ventre et la plaie abdominale fermée. Au bout d'une demi-heure l'animal est sacrifié, l'anse intestinale comprise entre les deux compresseurs renferme le suc intestinal. La plupart des expériences ont donné en une demi-heure, de 80 à 100 grammes de produit en moyenne. Ce liquide isolé du mucus transforme, d'après M. Colin, la fécule cuite en sucre, et émulsionne les matières grasses sans leur donner une réaction acide. Il est très-alcalin.

Thiry considère ces réactions comme dues à un suc intestinal contenant du liquide pancréatique. Il propose la méthode suivante pour obtenir un produit pur. On fait une incision sur l'abdomen d'un chien au moins à jeun depuis vingt-quatre heures. On attire l'intestin par la plaie, et on en coupe environ 10 à 12 centimètres, en ayant soin de laisser la partie coupée adhérer au mésentère et rester en communication avec les vaisseaux et les nerfs. On unit alors par une suture le bout stomacal et le bout inférieur de l'intestin, puis on les rentre dans l'abdomen, de telle sorte que les fonctions digestives peuvent continuer à s'accomplir. On ferme par une de ses extrémités la partie d'intestin séparée, et on attache l'autre par une ligature au bord libre de la plaie abdominale de manière à faire ouvrir l'anse de l'intestin en dehors de la cavité abdominale. On réunit ensuite les lambeaux de l'incision par des points de suture. Quand l'animal résiste à l'opération, on obtient après l'écoulement des premiers produits un suc intestinal complétement exempt de matières étrangères. Généralement le suc intestinal ne s'écoule que sous l'influence d'excitants mécaniques, d'eau renfermant 1 pour 100 d'acide chlorhydrique, l'action d'un appareil d'induction. L'injection du suc gastrique ne produit aucun effet. L'excitation mécanique amène en une heure la sécrétion de 4 grammes de suc intestinal pour 30 centimètres carrés d'intestin. On a calculé que, de deux à trois heures après le repas, à cinq heures, il peut s'écouler 360 grammes de suc intes-

tinal. Le suc ainsi obtenu est clair, jaune verdâtre, très-alcalin et contient des carbonates; par l'ébullition ou l'addition d'un acide, il laisse précipiter de l'albumine. Son poids spécifique est constant : 1,0115. Il contient 2,5 pour 100 de parties solides.

Eau.	975,85
Albuminate.	8,02
Éléments organiques. . . .	7,34
Sels inorganiques.	8,79

Le suc intestinal, d'après Thiry, est sans action sur l'amidon, ne décompose pas les matières grasses et dissout l'albumine coagulée, la viande crue et la fibrine. Cette action n'est pas due à l'alcali qu'il contient, car si on le fait bouillir, il perd son pouvoir dissolvant, quoiqu'il ait conservé sa réaction alcaline. Elle est produite par un ferment particulier que l'on parvient à isoler avec la cholestérine par une méthode semblable à celle que Brücke a donnée pour la préparation de la pepsine.

Schiff[1], qui a repris ces expériences en se procurant le suc intestinal du duodénum et des premières portions de l'intestin grêle, conclut au contraire de ses recherches que le suc intestinal transforme l'amidon en sucre avec une grande rapidité, qu'il dissout l'albumine, la fibrine et la caséine, et qu'il émulsionne l'huile d'olive. Mais lorsque la membrane muqueuse de l'anse intestinale est rouge et enflammée, elle ne fournit que peu de liquide, et le produit de sécrétion qui est pro-

[1] *Schiff il Morgagni*, n° 9, et *Jahresbericht f. Anat.*, S. 151; 1868

blablement du suc altéré ne transforme plus l'amidon en sucre et dissout très-difficilement la caséine.

D'après Leube[1], ce ferment particulier peut être obtenu en flocons ; il transforme facilement le sucre de canne en sucre de raisin, mais ne produit pas le changement du sucre de lait en acide lactique.

Le suc intestinal a donné à l'analyse (Lassaigne) :

Eau.	98,10
Albumine.	0,45
Chlorure de sodium.. . . .	1,45
— de potassium. . .	
Phosphate de sodium.. . .	
Carbonate de sodium. . . .	
	100,00

Schmidt et Zandes ont trouvé dans le suc intestinal d'un chien :

Eau.	965,33
Matières solides.	34,67
Albumine.	9,55
Sels biliaires..	16,57
Matières grasses.	0,26
Extractif.	0,70
Potasse.	3,72
Soude.	0,15
Chlore.	2,11
Phosphates terreux.	0,06

Thiry a donné les chiffres suivants :

Eau.	975,85
Albuminates	8,02
Éléments organiques. . . .	7,34
Sels inorganiques.	8,79

[1] Leube, *Ueber Verdaungs-Producte des Dünndarmsaftes* (*Centralbl. der med. Wiss.*, 1868).

PRODUITS EXCRÉMENTITIELS

Les matières fécales renferment toutes les parties des aliments qui n'ont point été modifiées par la digestion, les substances digérées et non absorbées, les produits de sécrétion et d'excrétion fournis par les glandes.

L'examen microscopique[1] y fait reconnaître :

Des flocons de mucus quelquefois réunis en filaments ;

Un grand nombre de fines granulations moléculaires douées du mouvement brownien, les unes grisâtres, azotées, solubles dans l'acide acétique, les autres jaunâtres, réfractant la lumière à la manière des corps gras, et d'autres enfin souvent très-abondantes, qui sont irrégulières, plus grosses que les précédentes et dont la nature ne peut être déterminée (Robin) ;

Des gouttes graisseuses, et de petites aiguilles aciculaires de stéarine ;

Les matières colorantes de la bile que l'on peut déceler avec l'acide azotique, mais souvent modifiées et à l'état de granules ; elles sont surtout très-abondantes, quand les excréments ont une teinte foncée et presque noire (Robin) ;

Des faisceaux musculaires, des fibres élastiques, de tissu lamineux, et des membranes jaunes élastiques ;

[1] Robin, *Leçons sur les humeurs*, p. 812 ; 1867.

Toutes les variétés de cellules végétales provenant des aliments ;

Des cellules et des noyaux d'épithélium, des leucocytes, rares dans les excréments normaux ; fréquents dans les selles diarrhéiques (Robin) ;

Un grand nombre d'animalcules qui se trouvent surtout dans le rectum et le gros intestin.

Chez l'homme, le poids des matières fécales en vingt-quatre heures varie de 150 à 200 grammes ; il est environ le dixième du poids général des aliments solides et liquides, le septième ou le huitième de celui des aliments solides considérés seuls ; leur poids spécifique est moindre que celui de l'eau. Leur couleur change avec l'alimentation, elle devient plus foncée après une nourriture animale, plus pâle après une alimentation lactée, etc. Leur odeur particulière semble due à un composé volatil, provenant probablement de l'un des principes de la bile. On produit un corps d'une odeur semblable en chauffant des albuminates avec un alcali. Les fèces sont neutres, quelquefois alcalines, rarement acides dans l'état sain. Elles sont en partie solubles dans l'eau, l'alcool, et l'éther. Généralement l'acide azotique leur fait prendre des teintes qui indiquent la présence des matières colorantes de la bile. Traitées par l'eau, elles laissent un dépôt abondant dans lequel on trouve du phosphate de calcium et de magnésium, et du phosphate de magnésium.

Les matières fécales renferment deux substances particulières : l'excrétine et la stercorine, qui parais-

sent jouer un rôle important comme agent d'élimination.

Excrétine. — L'excrétine est un composé sulfuré trouvé par Marcet dans les excréments humains ; elle n'a pas été encore reconnue dans ceux des animaux, ni dans aucun tissu ou liquide de l'économie.

Pour l'obtenir, on épuise les fèces par l'alcool bouillant, lequel en refroidissant, laisse déposer un sédiment formé de savon de chaux et de magnésie et de phosphates terreux. On filtre et on ajoute une petite quantité d'un lait épais de chaux pure qui produit un précipité brun jaunâtre, et laisse un liquide limpide jaune paille. Le précipité est recueilli sur un filtre, séché au bain-marie et épuisé plusieurs fois par un mélange d'alcool et d'éther. On filtre et on abandonne la dissolution dans un endroit aussi froid que possible. L'excrétine cristalline en quatre à cinq jours au plus tard. On la purifie ensuite en la dissolvant dans l'alcool et en la traitant par le charbon animal. Elle forme des cristaux soyeux se rassemblant en masse ou en touffes aux parois du vase, envoyant des ramifications en tous sens. Vus au microscope, ces cristaux ont la forme de prismes aciculaires à quatre pans. L'excrétine est insoluble dans l'eau chaude et froide, soluble dans l'éther et dans l'alcool chaud. Elle fond de 92 à 96° ; par le refroidissement, paraît acquérir une consistance résineuse. Elle n'est pas altérée par une solution bouillante de soude ou de potasse, ni par les acides sulfurique et chlorhydrique étendus. L'acide azotique, au contraire, l'attaque avec dégage-

ment de vapeurs nitreuses. Elle correspond à la formule $C^{78}H^{126}SO^{2}$ en équivalent. Son rôle est d'être un des modes principaux d'élimination du soufre hors de l'économie.

Stercorine ou Séroline. — Découverte dans le sang en 1833 par Boudet, décrite par lui sous le nom de séroline, la stercorine a reçu cette dénomination de Flint, qui la trouva en quantité considérable dans les fèces. D'après cet auteur, elle est un produit de transformation de la cholestérine qui, versée avec la bile à la partie supérieure de l'intestin grêle, se change en stercorine pendant son passage à travers l'intestin.

Le sérum du sang contient, selon Becquerel et Rodier, de 0,020 à 0,025 de stercorine, 0,060 comme maximum, et une quantité presque inappréciable comme minimum.

Boudet la prépare en évaporant le sérum du sang, il reprend le résidu avec de l'eau, évapore le liquide, puis épuise le résidu par l'alcool bouillant qui en refroidissant laisse déposer les cristaux.

Flint l'obtient en séchant le sang et en traitant le résidu par l'éther; puis il reprend la solution évaporée par l'alcool et ajoute de la potasse caustique qu'il laisse plusieurs jours en contact avec la dissolution. Ce procédé donne toujours de la stercorine et pas de cholestérine. Quand la potasse ne reste qu'une heure ou deux en contact avec le liquide, il n'y a pas de stercorine, mais seulement de la cholestérine. Flint conclut de cette observation que la cholestérine existe seule primitivement dans le sang, et que la stercorine prend

naissance par l'action encore inconnue des réactifs.

On se procure beaucoup plus facilement la stercorine à l'aide de matières fécales. On les évapore à sec, et, après les avoir pulvérisées et traitées par l'éther pendant vingt-quatre heures, on décante, filtre et décolore le dissolvant par le charbon animal. L'éther est alors évaporé, et le résidu dissous dans l'alcool bouillant. Celui-ci est évaporé, et l'extrait traité pendant une heure ou deux par une solution de potasse caustique, à une température inférieure à celle de l'ébullition. Toutes les matières grasses saponifiables étant ainsi décomposées, on étend d'eau et on filtre. On traite le filtre sec par l'éther ; on évapore l'éther et on reprend par l'alcool bouillant qui est aussi évaporé. Le résidu consiste en stercorine pure.

La stercorine est une matière grasse non saponifiable ; elle est neutre, inodore, insoluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool chaud, et presque insoluble dans l'alcool froid. Les alcalis caustiques ne l'attaquent pas même après une ébullition prolongée. L'acide sulfurique y développe une couleur rouge semblable à celle qu'il produit avec la cholestérine. Suivant Lehmann, elle fond à 36° et distille à une haute température.

La quantité de stercorine fournie par la selle quotidienne normale d'un adulte en bonne santé est de 0,675. Comme les déjections ne contiennent pas de cholestérine, la stercorine doit représenter toute la cholestérine excrétée dans les vingt-quatre heures. Flint fait remarquer que ce résultat est exact si on

compare le chiffre obtenu avec la quantité de cholestérine produite en un jour.

Quantité de bile en 24 heures (Dalton). .	1,0975
Quantité de cholestérine à raison de 0,678 partie pour 1000.	0,678
Quantité de stercorine évaluée.	0,675

La différence 0,005 est insignifiante et prouve que toute la cholestérine en traversant le canal alimentaire se trouve complétement transformée en stercorine.

Changements apportés par l'alimentation. — Les fèces éprouvent des changements dans leur composition, présentant quelques rapports avec le genre de nourriture ; mais cette relation n'est pas absolue. Bischoff et Woit ont trouvé les chiffres suivants par l'analyse élémentaire des substances ingérées et des matières rendues. Un fort chien qui prenait par jour de 300 à 2,500 grammes de viande, rendait de 27 à 40 grammes de matières fécales. Nourri avec 857 grammes de pain qui contenait 460 grammes de matières sèches et 397 d'eau, le chien rendait 377 grammes de matières fécales renfermant 76 grammes de résidu solide et 301 grammes d'eau.

	VIANDE — Composition en centièmes.	MATIÈRE FÉCALE APRÈS UNE ALIMENTATION AVEC DE LA VIANDE.	PAIN.	MATIÈRE FÉCALE APRÈS UNE ALIMENTATION AVEC DU PAIN.
C.	51,95	43,49	45,41	47,39
H.	7,18	6,47	6,45	6,59
Az.	14,11	6,50	2,39	2,92
O.	21,37	13,58	41,63	36,08
Sels.	5,39	30,01	4,12	7,02

Le rapport entre les aliments et les matières fécales reste le même, lorsque l'animal est nourri avec de la viande seule, ou lorsqu'on y ajoute de la graisse, de l'amidon, ou du sucre. Les analyses suivantes ont été rapportées par Gorüp-Besanez.

ANALYSE DES FÈCES POUR 100.	BERZELIUS — Homme.	WEHSARG — Homme.	ROGERS. Porc.	Vache.	Brebis.	Cheval.
Eau	753	733,00	771,3	825,5	564,7	772,5
Corps gras	247	267,00	228,7	175,5	435,3	227,5
Sels biliaires	9	»	»	»	»	»
Mucus	140	»	»	»	»	»
Albumine	9	»	»	»	»	»
Matière extractive	57	»	»	»	»	»
Extrait aqueux	»	53,40	»	»	»	»
Extrait alcoolique	»	41,65	»	»	»	»
Résidu éthéré	»	30,70	»	»	»	»
Résidu alimentaire insoluble	70	83,00	»	»	»	»
Sels	12	»	85,0	26,7	58,7	30,4
Phosphates terreux	»	10,95	»	»	»	»

COMPOSITION DES CENDRES DES FÈCES.	EXCRÉMENTS DE L'HOMME.		EXCRÉMENTS DES ANIMAUX. ROGERS.			
	PORTER.	FLEITMANN.	Porc.	Vache.	Brebis.	Cheval.
Chlorure de sodium	4,33	0,58	0,89	0,23	0,14	0,03
Chlorure de potassium	»	0,07	»	»	»	»
Potasse	6,10	18,49	3,60	2,91	8,32	11,30
Soude	5,07	0,75	3,44	0,98	3,28	1,98
Chaux	26,46	21,36	2,05	5,71	18,15	4,63
Magnésie	10,54	10,67	2,24	11,47	5,45	3,84
Oxyde de fer	2,50	2,09	5,57	5,22	2,10	1,44
Acide phosphorique	36,05	30,98	5,39	8,47	9,40	10,22
Acide sulfurique	3,13	1,13	0,90	1,77	2,69	1,83
Acide carbonique	5,07	1,0	0,60	»	»	»
Acide silicique	»	1,44	13,19	62,54	50,11	62,40
Sable	»	7,39	61,57	»	»	»
Oxyde de manganèse	»	»	»	»	»	2,13

DE LA CIRCULATION

La circulation consiste dans le transport du sang, de la lymphe et du chyle à travers des parois vasculaires propres. Elle a pour but de distribuer aux organes les principes absorbés pendant la digestion, et d'entraîner en même temps ceux qui sont devenus impropres à la nutrition. La composition chimique de ces divers liquides présente des analogies et des différences nombreuses, en rapport avec le rôle physiologique qu'ils sont destinés à remplir dans l'économie.

DU SANG

Le sang chez les vertébrés est un liquide d'une couleur qui varie du rouge vermeil au brun rouge, d'une odeur particulière qui diffère suivant l'espèce animale, et d'une saveur salée. Il est plus lourd que l'eau ; chez l'homme sa densité varie de 1052 à 1057. Sa température oscille de 34° à 41°,5. Sa chaleur spécifique est, d'après Davy, de 0,83 à 0,93. Sa réaction est légèrement alcaline. Pendant la vie, tandis qu'il est encore contenu dans les vaisseaux, le sang est formé d'une partie liquide incolore ou faiblement colorée en jaune, le plasma, et d'une partie solide, les corpuscules ou globules du sang, qui nagent dans le plasma et sont entraînés avec lui dans la circulation générale. Des produits gazeux entrent également dans sa composition : les gaz du sang.

PLASMA DU SANG

En faisant abstraction des gaz, le plasma représente la totalité du sang moins les globules.

Le sang abandonné à lui-même se coagule spontanément. Le sérum est le liquide qui surnage le caillot après la coagulation du sang. Le caillot est formé par la fibrine, les globules et le sérum interposé. Le plasma est donc égal au sérum plus la fibrine.

On obtient le plasma par diverses méthodes. On peut, comme l'a proposé J. Müller, recevoir le sang d'une grenouille dans une dissolution contenant 1/2 pour 100 de sucre, et filtrer. Les globules restent sur le filtre et le plasma mêlé au sucre forme un liquide incolore et transparent, capable, après un certain temps, de se coaguler. On ne recueille ainsi qu'une quantité très-faible de plasma. Il est plus avantageux de se servir de sang de cheval. On le reçoit au sortir de la veine dans un vase cylindrique, étroit, rempli d'eau glacée et de sel marin et placé dans un mélange réfrigérant maintenu à 0°. Les globules se déposent rapidement au fond du vase : et avant que la fibrine ne soit coagulée, on décante la partie supérieure du liquide devenue incolore. On obtient un liquide visqueux, que l'on passe sur un filtre refroidi préalablement et maintenu à 0°. On recueille un liquide clair qui se trouble dès que la température s'élève. Abandonné à lui-même, le plasma

ainsi isolé se coagule, et la fibrine se réunit en flocons avec séparation de sérum.

Fibrine. — La fibrine s'extrait du sang et des liquides de l'économie qui jouissent de la propriété de se coaguler spontanément. Pendant sa coagulation, la fibrine affecte successivement deux aspects différents. Elle prend d'abord l'apparence d'un corps gélatineux qui contient tout le plasma sous la forme d'une masse molle et élastique; puis, après un temps variable, elle se réunit en fibre, revient sur elle-même, forme un lacis serré qui emprisonne en se contractant les globules sanguins, tandis que le sérum s'échappe et nage à la surface du caillot. Après un certain temps, la fibrine tend généralement à prendre cette forme fibreuse; quelquefois cependant, dans certains états pathologiques, elle conserve la forme gélatineuse, particulièrement lorsqu'il s'établit, dans les artères ou les veines, des caillots sans adhérence aux parois des vaisseaux.

Préparation de la fibrine. — La fibrine peut se retirer du caillot ou du sang lui-même.

Le premier procédé est fondé sur l'insolubilité de la fibrine dans l'eau. On malaxe le caillot sanguin sous un filet d'eau. Les globules du sang se détruisent ou s'échappent, et la fibrine reste sous forme de masses jaunâtres.

On peut également l'obtenir par le battage du sang à l'aide d'une baguette de verre ou d'un petit balai d'osier. Elle s'attache à l'agitateur, et on la lave avec de l'eau jusqu'à ce qu'elle soit décolorée. On la

lave ensuite à l'alcool et à l'éther. D'après Heynsius, on obtient, par ce dernier procédé, une proportion plus considérable de fibrine que par le lavage du caillot.

Quels que soient les moyens employés pour la purifier, la fibrine n'est jamais complétement exempte de matières minérales; ses cendres contiennent des traces de sulfates, de phosphates de calcium et de magnésium. Elle a donné en moyenne à l'analyse :

Carbone	52,6
Hydrogène	7,0
Azote	17,4
Soufre	1,2
Oxygène	21,8

Caractères de la fibrine. — On ignore jusqu'à présent ce que peut être la fibrine dissoute, on ne connaît que les caractères de la fibrine coagulée. Nouvellement préparée et encore humide, elle forme des masses élastiques, blanc jaunâtre, insolubles dans l'eau, l'alcool et l'éther, solubles dans l'acide acétique et les alcalis qui la dissolvent plus facilement que les autres matières albuminoïdes coagulées. Elle se dissout en quelques heures dans une solution d'azotate de potassium chauffée à 30 ou 40°, aussi bien que dans celle de sulfate de sodium et de sel marin. Ces dissolutions de fibrine ne se coagulent pas par l'action de la chaleur, mais se précipitent par l'addition d'acides minéraux ou d'acide acétique. Le précipité n'est plus de la fibrine, mais de la fibrine modifiée ou syntonine. La fibrine se gonfle sans se dissoudre dans

l'eau contenant de 1 à 5 millièmes d'acide chlorhydrique, et reprend son volume primitif dès qu'on sature l'acide. Elle se dissout dans l'eau renfermant un dixième pour 100 d'acide chlorhydrique en laissant un léger résidu ; et la dissolution renferme de la syntonine. Les alcalis étendus la dissolvent et lui font subir une transformation semblable.

Chauffée à 60°, la fibrine se contracte et perd la propriété de décomposer l'eau oxygénée. Elle ressemble alors aux matières albuminoïdes coagulées ; comme ces dernières, elle devient insoluble dans les sels alcalins, peu soluble dans les acides à la température de 80°, mais se dissout facilement dans les dissolutions alcalines.

La fibrine décompose l'eau oxygénée, dégage son oxygène et ne change pas elle-même de composition. Elle semble n'agir que par son contact. Schœnbein chercha à interpréter ces résultats obtenus autrefois par Thenard. Il admit qu'il existe deux modifications de l'oxygène, l'ozone ⊕ et l'antozone ⊖, et que l'eau oxygénée est formée d'eau et d'antozone. L'ozone bleuit la teinture de gaiac, l'antozone ni l'eau oxygénée ne la modifient. Mais si à l'eau oxygénée on ajoute de la fibrine, immédiatement la teinture de gaiac se colore, preuve, d'après Schœnbein, qu'une partie de l'antozone se transforme en ozone qui, agissant ensuite sur le reste de l'antozone de l'eau oxygénée, amène sa décomposition en eau et en oxygène neutre.

La fibrine présente de grandes ressemblances avec

une substance que Brücke a obtenue par l'action des acides étendus sur les albuminates de potasse, aussi bien que par le lavage prolongé de ces albuminates avec de l'eau, jusqu'à la disparition de toute réaction alcaline, et qu'il nomme pseudo-fibrine. Cette substance possède toutes les propriétés de la fibrine ; elle en diffère parce qu'elle ne laisse pas de cendres après sa combustion, et qu'elle est presque sans action sur l'eau oxygénée.

État de la fibrine dans l'organisme. — On a pensé pendant longtemps que la coagulation de la fibrine était une propriété particulière à cette substance. Mais cette opinion qui se présentait la première à l'esprit, ne peut rendre compte de certaines anomalies bien constatées aujourd'hui. Comment comprendre, par exemple, que le sang de la veine rénale, quoique ne renfermant aucune trace de fibrine et n'en fournissant pas par le battage, puisse cependant en donner lorsqu'on l'abandonne à lui-même pendant un certain temps; que le sang de la veine splénique battu et défibriné recommence plus tard à se prendre en caillot?

Ces faits contradictoires ne pouvaient s'expliquer. MM. Robin et Verdeil supposèrent qu'il existe dans le sang une matière protéique fluide qui seule constitue la fibrine ; celle-ci ne serait donc ni à l'état de suspension moléculaire, ni tenue en dissolution par une substance quelconque.

Denis (de Commercy) reconnut que la fibrine se produit par le dédoublement d'une substance spéciale, préexistant dans le sang, et qu'il nomma plasmine. On

la prépare en recevant le sang d'une saignée dans une solution de sulfate de sodium qui empêche la coagulation de la fibrine; puis on la précipite par l'addition de sel marin en poudre. Sur les 80 pour 1000 de matières albuminoïdes contenues dans le sang, il y a 26 de plasmine. Cette substance est soluble dans quinze à vingt fois son poids d'eau, mais après quelques minutes, elle se dédouble et forme, par coagulation spontanée, trois ou quatre parties d'un corps ayant les propriétés de la fibrine du sang. C'est la fibrine concrète. A la solution d'où s'est déposé ce premier produit, si on ajoute du sulfate de magnésium, on coagule 22 ou 23 parties d'une nouvelle substance, la *fibrine soluble*, et il reste en dissolution 53 pour 1000 d'albumine soluble ou *sérine*. Ainsi la coagulation de la fibrine est le signe même de sa formation. Elle ne préexiste pas dans le sang, c'est la plasmine qui s'y trouve et y joue un rôle normal. Par là, Denis expliqua facilement les différences que présente le sang dans les différents vaisseaux.

Virchow et Schmidt admettent aussi que la fibrine n'est pas toute formée dans le sang, mais ils la considèrent comme le résultat de l'union de deux substances particulières qui préexistent et qu'ils nomment substance fibrino-plastique et fibrinogène. Ces matières restent sans se combiner dans le sang de l'animal vivant, par suite d'une action encore inconnue quant à son essence et qui paraît tenir aux parois des vaisseaux. Mais lorsqu'elles sont soustraites à cette influence, les deux substances réagissent l'une sur l'autre et produisent de la fibrine qui se sépare à l'état insoluble. La

fibrine n'est donc pas un produit simple, mais le résultat de l'union de deux substances distinctes. Ces deux substances s'obtiennent par un procédé semblable, toutefois dans des conditions différentes.

Substance fibrino-plastique. — La substance fibrino-plastique se retire du plasma et du sérum. Elle se précipite tout entière en flocons; quand on fait passer un courant d'acide carbonique dans le plasma étendu de 10 fois son volume d'eau glacée, et le liquide restant ne se coagule plus lorsqu'on l'abandonne à lui-même.

Pour l'extraire du sérum, on ajoute d'abord une petite quantité d'acide acétique, afin d'avoir une réaction à peine alcaline, on étend d'un grand excès d'eau, et on dirige un courant d'acide carbonique. On ne tarde pas à voir apparaître des flocons abondants que l'on recueille sur un filtre, et que l'on lave avec de l'eau chargée d'acide carbonique.

La substance fibrino-plastique est insoluble dans l'eau privée d'oxygène; soluble dans l'eau aérée avec laquelle elle forme une solution trouble et d'où la précipite un courant d'acide carbonique. Elle a tous les caractères que Berzelius a reconnus autrefois à la globuline qu'il a retirée du cristallin. Elle en diffère seulement, d'après Schmidt, parce que, dissoute dans l'eau aérée, elle ne précipite ni par l'ébullition, ni par l'addition d'alcool. De là le nom de paraglobuline sous lequel la substance fibrino-plastique a été aussi désignée.

Observation sur les matières décrites sous le nom de globuline. — Le nom de globuline a été donné à

des substances très-diverses. Berzelius nomma ainsi d'abord la matière incolore des globules du sang et en second lieu le produit, insoluble dans les sels neutres et solubles dans l'eau, qu'il obtint en traitant les globules du sang par l'acide sulfurique et en enlevant la matière colorante par des lavages à l'alcool. Ce dernier produit n'est en réalité que de l'albumine modifiée par l'acide sulfurique, l'*aci-albumine* de Panum. Lehmann appela globuline une substance décrite depuis par Panum sous le nom de caséine du sérum et qui a pour caractère de se précipiter soit par l'eau en présence de petites quantités de sels, soit par la neutralisation, soit par un courant d'acide carbonique dans des dissolutions très-étendues, et de se dissoudre dans les sels alcalins ou dans un léger excès d'acide ou d'alcali.

Schmidt désigna par globuline une substance que Lehmann avait trouvée et décrite sous le nom de caséine de globules, il la confondit avec la caséine du sérum ; quoique en réalité l'identité de ces substances ne soit pas encore démontrée. Kühne trouva la caséine des globules du sang dans le stroma et dans l'hémoglobine. La première est active comme la substance fibrino-plastique ; il lui donna le nom de paraglobuline, et à celle qui provient de l'hémoglobine, celui de métaglobuline. Il appela de même paraglobuline la substance fibrino-plastique active qu'il retira du sérum. Panum ne croit pas que le nom de paraglobuline puisse être donné à la fois à la substance active des globules et à celle de la caséine du sérum.

Il regarde la caséine du sérum comme formée par de la matière fibrino-plastique que peut précipiter l'acide carbonique, et par une substance fibrino-plastique non active et non précipitable par ce gaz, substance que Kühne assimile aux albuminates alcalins. Pour Heynsius, la paraglobuline du sérum n'est qu'un albuminate.

Fibrinogène. — Le procédé employé pour obtenir le fibrinogène est semblable à celui que donne la substance fibrino-plastique. On fait passer un courant d'acide carbonique dans du plasma, on sépare ainsi la substance fibrino-plastique; puis, quand rien ne se dépose plus, on fait passer de nouveau et pendant longtemps, un courant d'acide carbonique, lequel produit d'abord une mousse abondante, et précipite ensuite le fibrinogène sous forme de masses épaisses, gluantes et adhérentes aux parois des vases. On peut également préparer le fibrinogène en ajoutant aux solutions qui le renferment, trois parties d'alcool et une d'éther.

Le fibrinogène jouit de toutes les propriétés de la paraglobuline, à cela près qu'après avoir été précipité par le sulfate de cuivre, il est insoluble dans un excès, et que son action sur l'eau oxygénée est beaucoup plus vive; elle l'emporte même sur celle de la fibrine.

Voici les faits qui ont conduit Virchow, Schmidt, Hoppe Seyler, à admettre cette nouvelle théorie de la coagulation de la fibrine : Schmidt vit que le plasma débarrassé de substance fibrino-plastique ne se coagule plus, mais que cette coagulation recommence dès

qu'on ajoute de nouveau cette même substance. Il constata aussi que le liquide de l'hydrocèle et des autres sécrétions anormales de l'économie, qui contiennent du fibrinogène seul, impuissant à se coaguler spontanément, se coagule dès qu'on ajoute de la substance fibrino-plastique.

Lorsqu'on fait dissoudre séparément de la substance fibrino-plastique et du fibrinogène dans une solution très-faiblement alcaline, et qu'on mélange les deux dissolutions maintenues à la température de 20°, on voit au bout d'un temps plus ou moins long les substances abandonnées à elles-mêmes se prendre en masse gélatineuse, acquérir bientôt après l'aspect fibreux, et donner alors une fibrine semblable à celle qui se produit lors de la coagulation du sang. Cette réaction cependant réussit difficilement. Hoppe Seyler l'obtient avec plus de facilité en mettant l'un des corps en suspension dans l'eau ; puis il précipite l'autre par une dissolution de chlorure de sodium, filtre et ajoute un peu d'eau au précipité qu'il mêle avec la première substance. La quantité de sel marin qui reste attaché au précipité, suffit pour dissoudre les deux matières albuminoïdes, mais n'empêche pas la prompte coagulation de la fibrine qui se produit.

Autres opinions sur la formation de la fibrine. — Mantegazza considère la formation de la fibrine comme étant sous la dépendance des globules blancs, qui au contact des corps étrangers, des tissus enflammés, ou dans l'état physiologique quand le sang sort des vaisseaux, fournissent une matière albuminoïde,

laquelle donne naissance à la fibrine. A l'appui de cette opinion il rapporte que le sang des grenouilles ne se coagule pas lorsque les globules blancs sont retenus sur le filtre, et il observe que, dans tous les cas où Schmidt admet la présence de la substance fibrino-plastique, il y a toujours des globules blancs. Heynsius attribue la même influence aux stromas des globules rouges et pense que ceux-ci ont une action réelle sur la formation de la fibrine.

MM. Béchamp et Estor regardent la fibrine du sang comme une fausse membrane formée par les microsymas du sang associés à la substance qu'ils sécrètent à l'aide des éléments albuminoïdes de ce liquide.

Causes qui modifient la coagulation. — La coagulation du sang commence en général quatre ou cinq minutes après que ce fluide est hors des vaisseaux, rarement elle met une demi-heure ou une heure à se montrer. Le temps nécessaire pour qu'elle s'effectue entièrement, est d'ailleurs variable depuis quelques heures jusqu'à un jour. Le sang se coagule plutôt chez les individus faibles, chez ceux qui ont été épuisés par des saignées répétées, chez les malades affaiblis par des affections chroniques. Il reste plus longtemps liquide chez les sujets forts et pléthoriques, ou atteints d'une inflammation aiguë, pneumonie, pleurésie, etc.

Chez la plupart des mammifères, la fibrine se coagule plus vite que chez l'homme. Chez le cheval la coagulation s'opère en quinze à seize minutes depuis 6 à 8° au-dessus de 0 jusqu'à 20°. Chez le bœuf elle commence avant quinze minutes et se termine en

vingt-cinq minutes, chez le mouton il faut cinq minutes; trois ou quatre minutes pour les lapins et cochons d'Inde, trois à six minutes pour les chiens. La fibrine paraît se coaguler d'une demi-minute à quatre minutes plus tôt dans le sang artériel que dans le sang veineux. La fibrine du chyle se coagule deux ou trois minutes après son issue ; il en est de même de celle de la lymphe.

La coagulation s'effectue avec une rapidité qui varie suivant la forme et la nature du vase. Elle est plus prompte si le sang tombe sur des filaments, des baguettes minces, des poussières qui absorbent l'eau. L'agitation la rend également plus rapide. L'élévation de la température de 25 à 38° l'active également. Elle est retardée au contraire pendant plusieurs heures lorsque la température est abaissée jusqu'à 0. Elle n'est modifiée ni par la présence ni par l'absence de l'air ; elle s'effectue dans le vide comme à l'air libre.

Le sang qui, au sortir des vaisseaux, est reçu dans 10 ou 20 fois son volume de glycérine, ne se coagule pas, d'après Grün Hagem. La dissolution peut être filtrée et abandonnée longtemps à elle-même sans se décomposer. Elle se coagule par l'addition de 10 fois son volume d'eau. Si on dirige dans la dissolution primitive un courant d'acide carbonique et qu'on ajoute ensuite de l'eau, il se forme un trouble qui paraît dû aux éléments générateurs de la fibrine. La dissolution de sang dans la glycérine décompose rapidement l'eau oxygénée.

SUBSTANCES ALBUMINOÏDES DU SÉRUM

Le sérum contient des substances albuminoïdes dont la nature n'est pas encore nettement determinée.

La substance fibrino-plastique se trouve dans le sang en quantité trop considérable pour être précipitée complétement par le fibrinogène. L'excès demeure dans le sérum et se précipite par un courant d'acide carbonique. Les autres matières albuminoïdes qui restent dans le sérum, ont été longtemps confondues sous le nom d'albumine; elles doivent être rapportées, suivant Kühne, à deux types différents, l'albuminate de soude et l'albumine proprement dite.

Albuminate de soude de Kühne ou caséine du sérum de Panum. — La substance ou peut-être les substances confondues sous le nom d'albuminate de soude et de caséine du sérum, ne se précipitent pas par un courant d'acide carbonique dans le sérum alcalin. Mais si après avoir fait passer un courant d'acide carbonique dans le sérum, tant qu'il se forme un trouble, on sature exactement par l'acide acétique ou un autre acide, de manière que la dissolution rougisse faiblement le papier de tournesol, on obtient un précipité blanc et floconneux d'albumine, insoluble dans l'eau aérée, se dissolvant lentement dans les sels alcalins neutres et facilement dans les solutions acides et surtout alcalines. Ce précipité perd lentement à froid,

plus rapidement par l'action de la chaleur, la propriété de former de la syntonine lorsqu'on le traite par l'acide chlorhydrique. Ces caractères, d'après Kühne, sont ceux des albuminates de soude. On voit par là qu'une partie de l'alcali contenu dans le sang se trouve non à l'état libre, mais combinée avec l'albumine.

Panum regarde ces substances albuminoïdes comme de la caséine de sérum, et leur attribue la propriété de se décomposer par l'action d'un courant d'acide carbonique en substance fibrino-plastique active, et en substance fibrino-plastique non-active dont il n'admet pas l'identité avec l'albuminate de soude.

La substance fibrino-plastique que précipite un courant d'acide carbonique dans du sérum étendu de 10 fois son volume d'eau, est soluble dans le chlorure de sodium, d'après Eichwald, et cette dissolution n'est pas précipitée par l'acide carbonique, mais elle peut l'être par l'acide acétique. Après la séparation de la substance fibrino-plastique du sérum du sang, l'addition d'acide acétique donne naissance à un précipité en flocons blancs, soluble dans le chlorure de sodium, aussitôt sa formation, et qui peu de temps après y devient insoluble. La solution de cette substance dans la soude étendue ou dans le phosphate de sodium se précipite par la neutralisation ou par un courant d'acide carbonique. Cette substance que Kühne regarde comme un albuminate alcalin, est considérée par Eichwald comme la syntonine. On obtient encore ensuite une nouvelle précipitation du même produit

L'aspect du phénomène et les conditions de température dans laquelle il se produit, varient avec la nature et les proportions des matières étrangères mélangées, sels, acides, alcalis, etc. L'addition d'alcool ou de sels alcalins à dose croissante abaisse successivement la limite de la coagulation à froid. L'alcool, dans les premiers moments, y fait naître un précipité soluble dans l'eau, lequel, après quelques minutes, devient en partie soluble, en partie insoluble, en partie transformé en globuline. L'alcool concentré la précipite à froid, en la coagulant d'autant plus vite que l'on opère à une température plus élevée. Le carbonate de sodium élève le degré de température auquel se fait la coagulation.

Les acides carbonique, acétique, tartrique, phosphorique ne précipitent pas l'albumine de ses dissolutions étendues; si ces acides ne sont pas trop concentrés, ni leur action trop prolongée, on peut, en ajoutant de l'ammoniaque étendue, obtenir une dissolution claire et neutre d'albumine. L'élévation de la température, la concentration ou l'excès d'acide produisent, au contraire, une transformation de l'albumine en diverses substances isomériques et surtout en syntonine ; en même temps le pouvoir rotatoire s'élève de — 56 à — 71° [1].

L'acide azotique et les acides minéraux la précipitent complétement de ses dissolutions.

L'acide chlorhydrique à $\frac{1}{1000}$ la précipite et un excès

[1] Hoppe Seyler, *Handbuch der chemischen Analyse*. 3 Aufl., S. 198.

la redissout mais en la transformant. En ajoutant de l'eau, on en sépare de la syntonine, et dans le liquide restant on trouve des matières analogues aux peptones.

Les solutions étendues de potasse, de soude et d'ammoniaque font subir à l'albumine une modification appréciable par le changement de son pouvoir rotatoire. Une petite quantité d'alcali concentré se combine avec elle et forme un albuminate solide qui, débarrassé par le lavage de l'excès d'alcali, se dissout dans l'eau bouillante. Les acides séparent de cette solution l'albumine coagulée. L'albumine de l'œuf donne la même réaction, mais l'albuminate obtenu est plus dur et plus résistant.

Un certain nombre de sels précipitent les solutions d'albumine pures ou alcalines, tantôt en les coagulant, comme le sublimé corrosif, tantôt en lui conservant sa solubilité, tel est le sous-acétate de plomb. Dans le premier cas, le dépôt renferme l'albumine insoluble combinée tant à la base qu'à l'acide du sel.

Peptone du sérum. — Lorsqu'on ajoute de l'acide acétique à du sérum, et que l'on coagule l'albumine par la chaleur, on obtient, après avoir filtré, une dissolution dans laquelle on constate la présence d'une substance qui jouit des propriétés des matières albuminoïdes ; l'acide azotique la colore en jaune, l'ammoniaque y fait naître une teinte rouge ; l'azotate de mercure une coloration rouge cerise. Mais cette matière n'est pas précipitée par le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique, circonstance qui la rap-

proche des peptones fournies par le suc gastrique. On l'a nommée peptone du sérum.

Cendres du sérum. — Le sérum, évaporé à sec et calciné, donne des cendres qui, d'après Schmidt, ont la composition suivante :

Chlorure de potassium	0,036
Chlorure de sodium.	0,054
Sulfate de potassium	0,028
Phosphate de potassium tribasique	0,032
Phosphate de calcium tribasique	0,030
Phosphate de magnésium tribasique. . . .	0,022
Soude.	0,093

Ces différents nombres, groupés par le calcul, d'après les chiffres trouvés pour les bases et les acides, montrent que les chlorures l'emportent de beaucoup en quantité sur les sulfates et les phosphates, et que le poids du sodium est beaucoup plus considérable que celui du potassium et des métaux terreux. Le sodium trouvé par l'analyse est même trop considérable pour saturer tous les acides. Schmidt en conclut qu'il existe de la soude à l'état de liberté dans les cendres du sérum.

Matières azotées. — Le plasma contient des matières azotées dérivées des matières albuminoïdes, acide urique, hippurique, urée, créatine, xanthine, créatinine? sarkine? On n'a constaté ni leucine, ni tyrosine, ni glycocolle, ni taurine.

Pour extraire l'urée, on verse le sang, avant sa coagulation, dans le double de son volume d'alcool rectifié, on agite, et après quelques heures le coagulum est soumis à la presse ; l'extrait clair est évaporé sur un bain d'eau, et le résidu épuisé avec un mélange

d'alcool absolu et d'éther. L'extrait filtré et évaporé laisse un résidu qui, repris par l'eau, donne avec l'acide azotique un précipité d'azotate d'urée, contenant encore de la graisse et des acides gras, et qu'on purifie par de nouvelles recristallisations. M. Grehant a rendu plus exact le dosage de l'urée par une modification apportée au procédé de Millon.

Matières grasses. — Les matières grasses du plasma proviennent principalement du chyle; elles entrent avec lui dans la circulation générale par la veine sous-clavière gauche. Elles existent dans le sang sous forme de gouttelettes en suspension et s'y trouvent en abondance pendant la durée de la digestion. Elles sont formées surtout d'acides gras stéarique, margarique, palmitique, oléique, butyrique, saponifiés pour la plupart, mais rarement combinés à la glycérine. Leur quantité s'élève dans le plasma de 1 à 3 pour 1000, à 4 et quelquefois à 7 pour 1000 pendant la digestion. Elle augmente encore quand les animaux sont nourris pendant longtemps avec des matières grasses; le sang prend alors un aspect laiteux, qu'il doit aux globules maintenus en suspension. Ces matières se précipitent avec la fibrine aussi bien qu'avec les matières albuminoïdes et peuvent en être extraites par l'alcool et l'éther. Après la coagulation de l'albumine, elles se rencontrent encore dans le liquide restant et s'en séparent par les mêmes dissolvants. L'éther évaporé laisse un résidu de tristéarine et de tripalmitine facile à reconnaître par les étoiles radiées qui apparaissent sous le microscope.

Matières hydrocarbonées. — Le plasma renferme également des substances hydrocarbonées, comme le sucre de raisin, mais point d'inosite, ni de sucre de lait; des acides non azotés, tels que l'acide lactique; jamais d'acide oxalique, benzoïque ni gallique. On a trouvé aussi la cholestérine et la séroline en quantité variable suivant les vaisseaux examinés.

Sels du sang. — Le plasma renferme de l'eau non pas vraisemblablement à l'état de liberté, mais dans un certain rapport avec les matières albuminoïdes, de telle sorte que lorsque celles-ci sont altérées, le sang ne peut plus retenir la même proportion d'eau qu'à l'état normal. Elle devient libre et s'échappe à la surface des muqueuses pourvues de réseaux capillaires superficiels, comme on le voit dans le choléra où l'albumine du sang perd la propriété de fixer la même quantité d'eau qu'à l'état sain[1].

On rencontre aussi dans le plasma de nombreux sels. Ils se servent de dissolvants, les uns par rapport aux autres. Certains sels solubles rendent possible la dissolution d'autres sels insolubles ou peu solubles par eux-mêmes. C'est ainsi que les chlorures et les sulfates alcalins servent à tenir en solution les sulfates, les carbonates et les phosphates calcaires. Les phosphates et les carbonates alcalins donnent au sang sa réaction alcaline. Ils jouent dans l'absorption de l'acide carbonique un rôle qui sera décrit en parlant des gaz du sang. Les carbonates sont plus abondants chez les her

[1] Robin, *Traité des humeurs*, page 80.

bivores, les phosphates chez les carnivores, d'après Liebig.

La présence des sels du sang sert à empêcher la décomposition des globules sanguins que l'eau pure décompose et détruit. Mais cette action conservatrice n'est pas due seulement aux sels du sang; leur quantité n'est pas assez grande pour y suffire. Les globules, en effet, se décomposent dans l'eau qui contient une proportion de sels égale à celle qui se trouve dans le sang. Il faut donc admettre que les substances albuminoïdes sont aussi un des agents qui servent à maintenir les globules sans altération. On a trouvé dans le sang le carbonate de calcium, la magnésie, la potasse, la soude, le fer, le cuivre, le manganèse? les acides carbonique, phosphorique, sulfurique, azotique, silicique et des gaz.

ANALYSE DES CENDRES DU SANG DES CARNIVORES (GORUP-BESANEZ).

PARTIES CONSTITUANTES DE 100 PARTIES DE CENDRES.	SANG DE PORC.		SANG DE CHIEN.		SANG D'HOMME.		SANG D'OIE.
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Chlorure de sodium	41,31	49,51	49,85	50,98	61,99	55,63	39,73
Soude	7,62	5,33	5,78	2,02	2,03	6,27	8,93
Potasse	22,21	18,54	15,16	19,16	12,70	11,23	18,41
Chaux	1,20	1,90	0,10	0,70	1,68	1,85	1,08
Magnésie	1,21	0,97	0,67	4,38	0,99	1,26	0,22
Oxyde de fer	9,10	9,50	12,75	8,65	8,06	8,68	3,89
Acide phosphorique	12,29	12,75	13,96	11,69	9,56	11,10	26,62
Acide sulfurique	1,74	1,34	1,71	1,08	1,70	1,61	1,19
Acide silicique	»	»	»	»	»	»	»
Acide carbonique	0,69	0,36	0,53	0.37	1,43	0,95	»

Les analyses I, II, III, IV, V, VI ont été exécutées par Verdeil. La VII[e] par Henneberg. La III[e] après 18 jours de nourriture avec de la viande. La IV[e] après 20 jours d'une nourriture avec du pain et des pommes de terre. La V[e] un homme de 45 ans, la VI[e] une femme de 22 ans.

ANALYSE DES CENDRES DU SANG DES ANIMAUX HERBIVORES (GORUP-BESANEZ).

PARTIES CONSTITUANTES DE 100 PARTIES DE CENDRES.	SANG DE BŒUF.				SANG DE MOUTON.		SANG DE VEAU.	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Chlorure de sodium	46,66	59,12	53,71	51,19	57,11	50,62	50,19	59,53
Soude	31,90	15,00	14,40	12,41	13,33	13,40	10,39	10,40
Potasse	7,00	5,60	8,76	7,62	5,29	7,95	11,74	9,81
Chaux	0,73	0,85	0,70	1,56	1,00	1,10	1,85	1,60
Magnésie	0,24	0,47	0,59	1,02	0,50	0,82	1,15	1,19
Oxyde de fer	7,03	9,00	8,80	10,58	8,70	9,17	8,16	7,80
Acide phosphorique	4,17	5,06	4,64	5,66	5,21	4,99	8,36	6,73
Acide sulfurique	1,16	1,25	1,16	5,16	1,65	1,91	1,34	1,21
Acide silicique	1,11	»	»	2,81	»	»	»	»
Acide carbonique	»	6,57	6,49	1,99	7,09	6,35	3,77	3,57

Analyse I exécutée par Weber par la méthode de Rose. — II et III par Verdeil, IV par Stölzel par la méthode de Strecker. — V, VI, VII et VIII, par Verdeil.

GLOBULES BLANCS DU SANG

Pendant la coagulation du sang, les globules blancs se réunissent à la partie supérieure du caillot, et forment avec la fibrine une masse d'une épaisseur variable, que l'on désigne sous le nom de couenne. On ne peut, par cette méthode, les séparer des substances étrangères. On les obtient facilement en abandonnant à lui-même du sang de cheval. Les globules rouges, très-denses chez ces animaux, se déposent rapidement; avant la coagulation de la fibrine, on décante le liquide surnageant qui contient les globules blancs. Pour les reconnaître chez l'homme, on reçoit une goutte de sang sur une lame de verre, et on la recouvre d'une lamelle, de telle sorte que le sang n'occupe qu'un angle de celle-ci. On ajoute ensuite au niveau de cet angle de l'eau et du sérum, les globules rouges sont entraînés, et les globules blancs plus adhérents restent sans se déplacer et se reconnaissent au microscope.

Les globules blancs ont tous les caractères des cellules embryonnaires. Ils présentent des formes variables, et des mouvements propres dits amiboïdes. Ils sont constitués par des noyaux entourés d'une masse de protoplasma sans membrane externe limitante. Le protoplasma est granuleux, entouré quelquefois de nucléoles de graisse. Le noyau et le nucléole deviennent visibles par l'addition d'acide acétique. A l'état

de repos ou de mort, les globules blancs apparaissent comme des éléments arrondis de forme variable, d'un diamètre oscillant de 0,06767 à 0,011274. Leur aspect est granuleux et leur contour irrégulier. Leur nombre par rapport à celui des globules rouges est d'environ 1 à 300 ou 400 chez l'homme, de 1 à 250 ou 300 chez la femme. Ils sont plus abondants encore chez le fœtus surtout à deux mois.

Pendant la vie les globules blancs circulent appliqués sur la face interne des capillaires, ils n'avancent que par instant pour s'appliquer plus loin à la face interne d'un nouveau vaisseau.

GLOBULES ROUGES DU SANG

Les globules du sang sont des composés complexes. Ils diffèrent non-seulement dans les diverses espèces animales, mais encore chez le même individu. Ils ne peuvent être regardés comme des corps définis, résultant d'une combinaison chimique nettement déterminée. Ils paraissent n'être qu'un mélange d'éléments de plusieurs ordres, dont les uns existent toujours d'une manière constante, et dont les autres, d'une nature plus variable, ne sont peut-être que des produits de décomposition des globules eux-mêmes. Enfin, diverses matières sont spéciales aux globules du sang de certaines espèces animales.

Les globules sanguins présentent chez l'homme et les mammifères la forme de petits disques circulaires,

aplatis, plus épais à leur bord qu'au centre qui est déprimé. Dans la famille des caméliens seuls, les globules sont ovalaires. Leur diamètre est de $0^{mm},0069$ chez l'homme, et de $0^{mm},007$ pour la moyenne de tous les mammifères suivant M. Milne-Edwards. Ils ont une forme différente pendant la vie embryonnaire. Ils sont alors discoïdes et biconcaves, quelques-uns sont sphériques, d'autres ovoïdes, et leur diamètre est plus grand que chez l'animal adulte. Ils paraissent dépourvus de noyau chez l'homme, les mammifères adultes, et même les caméliens, qui par la forme de leurs globules se rapprochent des animaux chez lesquels l'existence d'un noyau n'est pas douteuse. Chez l'embryon, ils possèdent au contraire un noyau. Selon M. Robin, ces noyaux persistent jusqu'à ce que l'embryon ait atteint une longueur de 25 à 30^{mm}. A partir de cette époque, le nombre des globules pourvus de noyau va en diminuant, et on n'en trouve plus au quatrième mois de la vie intra-utérine. Dans l'état embryonnaire, les noyaux sont sphériques, bien limités, longs de 3 à 4 millièmes de millimètre. Ils occupent le plus souvent le centre et quelquefois un des côtés des globules. Toutes les autres classes animales dont le sang est rouge ont des globules avec noyaux. Quelques espèces, comme les grenouilles, paraissent en plus avoir des masses granulées entre le noyau et la périphérie.

Préparation. — Les globules du sang possèdent un poids spécifique plus grand que celui du plasma ou du sérum. On peut, en retardant la coagulation chez l'homme et la plupart des animaux, obtenir un dépôt

de globules, mais jamais par cette méthode on ne les sépare complétement du liquide qui les baigne. On ne parvient pas davantage à les retenir par la filtration. On ne connaît aucun liquide avec lequel on puisse laver le filtre sans les altérer. On a, sans plus d'avantage, essayé à utiliser l'action de la force centrifuge.

Le seul procédé qui donne de bons résultats est fondé sur l'action des dissolutions salines. Les solutions des sels alcalins neutres, employées à un degré de concentration convenable, à une température qui ne doit pas être trop élevée, enlèvent de l'eau aux globules du sang, mais n'altérent pas leur composition. Établis d'abord par Berzelius, ces faits ont été confirmés récemment encore par Hoppe Seyler sur le sang des chiens et des oies. M. Figuier appliqua le premier les dissolutions des sels neutres à l'analyse du sang, et reconnut qu'une dissolution de sulfate de sodium marquant 16 à 18° à l'aréomètre de Baumé, sépare complétement les globules, et les maintient à la surface du filtre, lorsqu'on emploie deux volumes de la solution pour un volume de sang.

Au lieu de sulfate de sodium, il est plus avantageux d'employer le chlorure de sodium pour la recherche qualitative, aussi bien que pour le dosage des globules. On bat le sang pendant dix minutes pour lui enlever la fibrine, on le passe dans une étoffe de laine bien sèche, et on le mêle à dix fois son volume d'une dissolution saturée de chlorure de sodium étendue de dix volumes d'eau. Après avoir agité, on aban-

donne à lui-même le mélange dans une capsule de verre maintenue à 0°. Lorsque les globules du sang sont déposés, on décante le liquide ; on ajoute de nouveau la dissolution de chlorure de sodium ; on laisse déposer, et on recommence ces lavages 3 ou 4 fois du suite.

Les globules du sang de cheval se précipitent assez rapidement pour qu'on puisse les séparer en abandonnant ce liquide à lui-même, sans ajouter de sel marin. Ceux du bœuf, du mouton, du cochon se déposent très-lentement et moins rapidement que ceux de l'homme, du chien, du chat, du cochon d'Inde, du rat. En général, plus la température est élevée, plus les globules sont lents à se précipiter et prompts à se décomposer.

Composition. — Les globules sanguins sont formés de substances complexes. Hoppe Seyler a donné la méthode suivante pour les séparer les unes des autres.

On place dans un flacon une bouillie de globules sanguins obtenus par la méthode précédemment décrite, on la mêle avec un peu d'eau, on l'agite avec dix fois son volume d'éther, et on laisse digérer pendant quelques heures. On décante l'éther et en répétant plusieurs fois le même traitement on entraîne la cholestérine et une partie de la matière phosphorée. Le liquide privé d'éther contient, suivant l'espèce animale, soit de l'albumine coagulée flottant sur une dissolution brun rouge (oiseau, bœuf, homme), soit de l'albumine coagulée mêlée à la matière colorante cristallisée (chien, rat). Dans ce dernier cas, la dissolution

est quelquefois incolore. On verse le contenu du flacon sur un filtre à plis. L'excès d'éther et la dissolution rouge passent ensemble et peuvent être alors facilement séparés l'un de l'autre. A l'albumine qui reste sur le filtre on enlève la cholestérine qu'elle retient encore par des lavages à l'éther, puis la matière colorante, en la maintenant avec un peu d'eau chauffée au bain-marie à 30°, si on opère sur du sang de chien ou de cochon d'Inde. La solution éthérée contient la cholestérine et la plus grande partie de la matière phosphorée, la solution aqueuse la matière colorante, les phosphates alcalins, le chlorure de sodium et une matière extractive indéterminée. Une petite, mais très-insignifiante quantité de matière colorante, se fixe toujours sur l'albumine.

Les opinions ont varié sur la structure des globules sanguins. On admet aujourd'hui qu'ils sont constitués par de petites masses à peu près homogènes, solides, molles, élastiques, insolubles dans l'eau, sans membrane extérieure, le stroma, unies à une matière colorante, l'hémoglobine. Le mode suivant lequel cette union se produit est encore inconnu. On ignore s'il y a simple imprégnation du stroma ou combinaison véritable entre lui et l'hémoglobine.

Du stroma des globules. — Les globules contiennent de l'hémoglobine unie à un stroma constitué par une substance albuminoïde et de petites quantités de lécithine, de cholestérine; ils renferment des sels divers, principalement du phosphate de potassium, et de l'eau dont le poids est deux ou trois fois plus consi-

dérable que celui des principes solides. A ces éléments, il faut ajouter l'oxygène qui est fixé sur les globules pendant la respiration, et qu'on ne peut enlever que par le vide ou par certains agents réducteurs.

Le stroma peut s'extraire du plasma du sang ou simplement du sang défibriné. On fait tomber le sang goutte à goutte dans un creuset métallique refroidi à à — 13° par un mélange de glace et de sel marin, en ayant soin de n'ajouter de nouvelles gouttes que lorsque le sang précédemment introduit est tout à fait coagulé. On laisse ensuite le sang se dégeler jusqu'à environ 20°. Une transformation particulière se produit. La matière colorante qui était contenue dans les globules, passe dans le sérum, tandis que ceux-ci se décolorent. Leur densité augmente avec la perte de la matière colorante, et ils tombent rapidement au fond du liquide dans lequel ils nagent. On ne peut les recueillir sur un filtre, mais si on les observe dans le sérum coloré, on reconnaît facilement qu'ils ont une forme et une élasticité semblable à celle des globules non transformés. Soumis plusieurs fois à l'action du refroidissement, ils disparaissent et passent dans le sérum coloré. Le stroma est insoluble dans le sérum, les dissolutions salines étendues, dans l'eau distillée à 60°. Refroidi à 0°, il reprend l'aspect gélatineux, et par l'action de la chaleur retrouve sa limpidité première. Il se dissout même à froid dans le sérum contenant de l'éther, de l'alcool, du chloroforme, dans beaucoup d'acides étendus, les dissolutions alcalines.

Rollett en faisant agir sur le stroma l'étincelle d'un

appareil d'induction obtient un passage beaucoup plus rapide de la matière colorante dans le sérum, pendant que les globules se plissent et reviennent sur eux-mêmes en diminuant de volume.

Matières albuminoïdes des globules du sang. — Les globules du sang contiennent une substance de nature albuminoïde qui jouit des propriétés de la substance fibrino-plastique de Schmidt. On peut facilement l'extraire des globules privés de sérum. On les étend d'eau et on y fait passer un courant d'acide carbonique tant qu'il se sépare des flocons de substance fibrino-plastique soluble dans l'eau qui contient de l'oxygène en dissolution. Hoppe a obtenu la même substance en ajoutant 10 volumes d'une solution saturée de chlorure de sodium à trois volumes de sang défibriné. Il sépare les globules qui se sont déposés après un repos de vingt-quatre heures, les lave de nouveau avec du chlorure de sodium et les dissout dans l'eau. Il recueille une substance gélatineuse qu'il purifie en l'agitant avec un mélange d'eau et d'éther et la rassemble sur un filtre. Cette matière possède les réactions de la substance fibrino-plastique ; elle est soluble dans les dissolutions salines, les alcalis étendus, l'acide chlorhydrique faible, et capable de se coaguler par addition de fibrinogène. Elle ne se décompose pas sous l'influence de l'hémoglobine ; elle peut, sans se modifier, préexister dans le stroma à côté de la matière colorante.

Matière phosphorée et cholestérine. — Une grande partie de la substance du stroma est formée par une

matière grasse phosphorée, capable, lorsqu'on la fait bouillir avec de l'eau de baryte, de se transformer en névrine et en acide phospho-glycérique. Cette réaction est semblable à celle que produit une substance très-abondante dans le tissus nerveux, la lécithine. Hermann fait remarquer que le stroma des globules du sang se comporte de la même manière que la matière phosphorée extraite du cerveau en présence des dissolvants, éther, chloroforme, alcool, et conclut à leur identité.

On extrait la matière phosphorée avec le sang défibriné, ou mieux encore avec les globules préparés d'avance. On traite ces derniers déposés sous forme de bouillie aqueuse par une quantité d'éther suffisante pour obtenir deux couches superposées. On chauffe doucement l'éther, on décante et on répète plusieurs fois ce traitement. On réunit les solutions éthérées et on les évapore lentement. On obtient une masse cristalline qui renferme des traces de matières grasses, de longs cristaux de cholestérine, de fines aiguilles de matière phosphorée et quelques-uns de ses produits de décomposition. On purifie la lécithine en la traitant successivement par l'eau, puis par l'éther froid dans lequel elle est presque insoluble. Le résidu dissout dans l'alcool à 50° se dépose en cristaux par le refroidissement.

Hermann n'a pas trouvé de lécithine dans le sérum. D'après Hoppe Seyler, en traitant le dépôt aqueux des globules par l'éther, on obtient trois couches, une inférieure aqueuse, une supérieure éthéree et une

moyenne qui contient la cholestérine et la matière phosphorée. On enlève la cholestérine à cette couche intermédiaire en la lavant plusieurs fois avec de l'éther froid qui ne dissout pas sensiblemeut la matière phosphorée. Le résidu est épuisé par l'alcool, la dissolution évaporée à sec, le nouveau résidu est repris par l'alcool absolu, filtré, évaporé à sec, agité encore avec de l'eau. La quantité de phosphore dosée dans la matière qui reste, sert à calculer la quantité de matière phosphorée, c'est-à-dire de lécithine. Lorsque Hoppe Seyler entreprit les recherches précédentes, on croyait à l'existence du protagon dans l'économie. Il a calculé les résultats avec la formule de M. Liebreicht et les a résumés dans le tableau suivant. On sait aujourd'hui que le protagon est une combinaison cristallisée artificielle, résultant d'un mélange de cérébrine et de lécithine.

CHOLESTÉRINE.	QUANTITÉ DE SANG.	DANS LES GLOBULES.			DANS LE SÉRUM		
		Résidu fourni par l'éther.	Cholestérine qu'il renferme.	Cholestérine dans 100cc de sang.	Résidu fourni par l'éther.	Cholestérine qu'il renferme.	Cholestérine dans 100cc de sang.
	cc.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
I. De deux jeunes oies très-grasses.	280	0,5277	0,1198	0,043	non déterm.	0,6518	0,234
II. — — — . .	320	0,5905	0,1670	0,052	10,0735	1,0050	0,314
III. D'une oie adulte très-grasse. .	196	0,2240	0,0775	0,040	0,4710	0,0375	0,019
IV. — — . .	146	0,1685	0,0887	0,060	0,2437	0,0510	0,035
V. Du sang d'un bœuf.	300	0,2202	0,1440	0,048	»	»	»

PROTAGON (LÉCITHINE).	QUANTITÉ DE SANG.	DANS LES GLOBULES.			DANS LE SÉRUM.		
		Protagon.	Protagon + cholestérine.	Résidu de l'éther.	Protagon.	Protagon + cholestérine.	Résidu de l'éther.
	cc.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
I. Jeune oie.	280	0,2265	0,3463	0,3277	1,2638	1,9186	»
II. —	320	0,5250	9,0620	0,5905	0,8957	1,9007	10,0735
III. Oie adulte.	196	0,2055	0,2320	0,2240	0,1307	1,1682	0,4710
IV. —	146	0,0795	0,1665	0,1685	0,0560	0,1070	0,2437
V. Bœuf.	300	0,0950	0,2590	0,2202	»	»	»

Noyau des globules. — Les noyaux des globules sanguins existent chez l'embryon, et paraissent formés d'une substance analogue à la fibrine, et soluble, comme elle, dans une solution renfermant 10 pour 100 de sel marin, ou 1 pour 100 d'acide chlorhydrique.

De l'hémoglobine. — L'hémoglobine est la matière colorante du sang. Elle ne fut primitivement connue que par un de ses produits de décomposition, l'hématine ou hématosine. Obtenue pour la première fois à l'état pur et cristallisé, par Leydig et Kœlliker, en 1829, elle fut en 1851, regardée par Funke, comme une substance propre au sang de la rate, et découverte la même année par Kunde dans le sang d'un grand nombre d'animaux, et enfin préparée en assez grande quantité par Lehmann avec du sang de chien et de cochon d'Inde. Toutefois elle n'est bien connue que depuis les travaux de Hoppe Seyler et les recherches subséquentes de Schmidt, Valentin, Stockes, Rollett, Lang, Preyer, etc.

On connaît l'hémoglobine cristallisée et à l'état amorphe. On obtient les cristaux d'hémoglobine, d'après Hoppe Seyler, en se servant de globules de sang isolés comme on l'a vu plus haut, en mêlant le sang défibriné avec dix fois son volume d'une solution de sel marin, contenant un volume d'une solution de ce sel pour 10 volumes d'eau. La masse formée par les globules est traitée par une certaine quantité d'eau qui dissout l'hémoglobine sans en altérer la composition, puis versée dans un ballon et additionnée d'une quantité d'éther égale à l'eau ajoutée. On agite le

mélange, on laisse reposer quelque temps, puis on décante l'éther, dans lequel l'hémoglobine est insoluble, mais qui dissout et sépare la cholestérine et la matière grasse phosphorée. On passe la solution aqueuse le plus rapidement possible à travers un filtre à pli, refroidi à la température de 0°, on la traite par 1/4 de son volume d'alcool également refroidi à 0° dans lequel la matière colorante est peu soluble, et on laisse reposer la solution pendant plusieurs jours à une température de — 5 à — 10°. Les cristaux d'hémoglobine provenant du sang de rat, de cochon d'Inde, d'écureuil et de chien se forment déjà par la simple agitation des globules avec l'éther, et cela si rapidement, qu'en filtrant le liquide, une partie des cristaux reste sur le filtre. Lorsque les cristaux se sont formés avec une telle promptitude, on les dissout en ajoutant une certaine quantité d'eau au liquide, et on chauffe le mélange au bain-marie, à la température de 40°. Les cristaux une fois dissous, on filtre rapidement, on refroidit à 0°, on ajoute un quart de son volume d'alcool très-froid et on laisse le liquide reposer et cristalliser à une basse température. On purifie l'hémoglobine par des cristallisations plusieurs fois répétées.

On peut préparer rapidement l'hémoglobine impure, en additionnant le sang d'un chien ou d'un cochon d'Inde, d'un volume d'eau égal au sien et en ajoutant au mélange 1/4 de son volume d'alcool à 80°. On laisse reposer à une température inférieure à 0°. Au bout de vingt-quatre heures, les cristaux d'hémoglobine se sont déposés. On les recueille sur

un filtre et on les exprime pour les purifier, en les dissolvant dans l'eau à 30°, on ajoute à la solution 1/4 de son volume d'alcool, et on l'abandonne à une température inférieure à 0°.

Le sang de certaines espèces animales ne fournit pas de cristaux, mais laisse facilement déposer sa matière colorante sous forme de masses amorphes. On prend le sang défibriné d'une oie, ou mieux encore les globules préparés d'avance ; on les agite avec de l'eau et de l'éther pour les dissoudre. On décante l'éther, et après avoir attendu plusieurs heures, on verse dans la dissolution rouge de l'acétate de plomb tant qu'il forme un précipité. On filtre, et on enlève l'excès de plomb par l'addition de carbonate de sodium. Dans la dissolution refroidie à 0°, on ajoute du carbonate de sodium en poudre jusqu'à ce que toute la matière colorante rouge soit complétement précipitée à l'état de flocons rouges clairs ; on comprime le produit obtenu dans un filtre refroidi à 0°, et lavé avec une solution de carbonate de sodium. La masse, ainsi préparée, contient toujours du carbonate de sodium interposé.

On peut encore séparer les éléments albuminoïdes du sang, en additionnant la dissolution aqueuse de sang refroidi à 0, de 3 volumes d'alcool, et filtrant rapidement. On obtient de l'hémoglobine insoluble dans une petite quantité d'eau, mais qu'un excès de ce dissolvant décompose.

Propriétés. — On n'a pas obtenu jusqu'à présent l'hémoglobine en cristaux assez volumineux pour pouvoir les mesurer au goniomètre ; on en a déterminé la

forme cristalline par l'observation microscopique et l'action de la lumière polarisée. Rollett et Lang admettent que l'hémoglobine du sang de l'écureuil cristallise dans le système hexagonal (rhomboédrique) et celle de l'homme, du chien et du lapin, du cochon d'Inde, du chat, du cheval, du lion, dans le système rhombique (prisme droit à base rectangle). Les cristaux humides forment une masse de couleur vermillon; desséchés à 0° ils donnent une poudre rouge claire, d'une densité de 1,2 à 1,3.

La solubilité des cristaux varie avec l'espèce animale. Pour obtenir une dissolution d'une intensité de couleur égale, il faut employer 16,41 d'hémoglobine d'oie pour un litre de liquide, 16,82 d'hémoglobine de chien, 17,03 d'hémoglobine de cochon d'Inde. L'hémoglobine est insoluble dans l'éther, les essences, les huiles, le chloroforme, la créosote, le sulfure de carbone, l'alcool absolu; un peu soluble dans l'alcool étendu d'eau. Elle se dissout dans la glycérine, les solutions d'albumine, les solutions alcalines, mais en s'y altérant au bout de quelques jours. Les solutions acides la décomposent sans la dissoudre.

Les cristaux d'hémoglobine privés d'eau de cristallisation par la pompe à gaz et desséchés à 100°, ont donné à l'analyse les chiffres suivants :

HÉMOGLOBINE.		C.	H.	Az.	O.	S.	Fe.	PO⁵.
Lehmann . .	de chien.	55,28	7,11	17,33	19,98	0,50	»	»
Schmidt . . .	de chien.	55,64	7,11	16,19	21,02	0,66	0,43	0,91
Hoppe Seyler.	de chien, eau de cristallisation, 3 jusqu'à 4 p. 100.	53,85	7,32	16,17	21,84	0,39	0,43	»
	d'oie, 7 p. 100.	54,26	7,10	16,21	20,69	0,54	0,43	0,77
	de cochon d'Inde, 6 p. 100.	54,12	7,36	16,78	20,68	0,58	0,48	»
	d'écureuil, 9-4 p. 100. . .	54,09	7,39	16,09	21,44	0,40	0,50	»

D'après Lehmann, les cristaux du sang de cochon d'Inde renferment en moyenne 1,01 pour 100 de cendres, dans lesquelles il y a 18 pour 100 d'oxyde de fer et 0,5 pour 100 de soufre. Ces analyses prouvent que l'hémoglobine présente, chez les animaux, autant de différence dans sa composition centésimale qu'il en existe dans sa forme et sa solubilité. Les chiffres de Hoppe Seyler indiquent la même composition pour celle du chien et de l'écureuil. Celle de l'oie, suivant le même auteur, contient seule de l'acide phosphorique. Le soufre apparaît aussi comme un élément constant de l'hémoglobine. Kühne cependant n'en a pas trouvé dans le sang du cheval. L'hémoglobine contient toujours aussi une certaine proportion d'oxygène *faiblement lié*. Hoppe Seyler a trouvé dans un cas $41{,}23^{cc}$ d'oxygène, dans un autre $53{,}09^{cc}$ d'oxygène à 0 et à 1 mètre de pression pour 100 grammes d'hémoglobine. D'après Dybkowsky[1], 100 grammes de sang défibriné d'un chien fournissent 13,79 grammes d'hémoglobine, laquelle s'unit à $16{,}08^{cc}$ d'oxygène, et 100 grammes d'hémoglobine donnent 119^{cc} d'oxygène. Preyer a proposé la formule suivante pour la formule de l'hémoglobine, en équivalents :

$$C^{1200} H^{960} Az^{154} Fe^{2} S^{6} O^{354}$$

L'hémoglobine possède quelques propriétés des matières albuminoïdes. Sous certaines influences en effet, elle se décompose en hématine et en matières

[1] Dybkowsky, *Einige Bestimmungen über die Quantität des mit Hämoglobinlose gebundenen Sauerstoffs* (*Medicinisch-chemische Untersuchungen*, S. 120. 1866).

albuminoïdes. Avec tous les agents qui produisent cette décomposition, elle donne, par une action secondaire, les réactions de l'albumine. Cette transformation n'est pas toujours instantanée. Le sulfate de fer, le sulfate de cuivre, le bichlorure de mercure, l'azotate d'argent sont d'abord sans action sur les solutions d'hémoglobine. Après quelque temps, cette dernière substance se décompose au contact de l'air en hématine et en matière albuminoïde, et alors on voit apparaître des précipités semblables à ceux que produirait l'albumine avec ces mêmes sels.

L'hémoglobine a une réaction légèrement acide. Libre, ou encore contenue dans les globules, elle décompose les solutions des carbonates alcalins et en dégage l'acide carbonique. Zuntz pense cependant qu'elle n'a de propriétés acides que lorsqu'elle commence à se décomposer. L'hémoglobine s'altère avec une extrême facilité et sous l'influence de presque tous les agents. Desséchée à 0, elle supporte la température de 100° sans se décomposer, mais la plus petite quantité d'eau amène sa destruction immédiate, déjà, à la température ordinaire, presque instantanément à 100°. Elle se conserve mieux dans les solutions étendues que dans les solutions concentrées, et d'autant plus facilement que la température est moins élevée. Les solutions étendues, maintenues pendant quelques minutes de 70 à 80° au contact de l'air, se transforment en hématine et en matières albuminoïdes. L'alcool précipite d'abord l'hémoglobine de ses solutions sous forme d'un précipité rouge clair; puis, peu à peu,

plus rapidement si l'on chauffe, ce précipité prend une couleur brune, laquelle indique son dédoublement en hématine et matières albuminoïdes. Le carbonate de potasse, à une basse température, précipite l'hémoglobine sans la décomposer. Les alcalis, les acides, même les plus faibles, l'acide carbonique, l'acétate de plomb, l'azotate d'argent amènent presque instantanément sa transformation sans la précipiter. L'hémoglobine dissoute dans l'acide acétique donne, par l'addition d'une trace de chlorure de sodium, un précipité de chlorhydrate d'hématine qui se dépose en cristaux microscopiques.

Le sang de tous les vertébrés contient de l'hémoglobine; celui des invertébrés seulement dans quelques espèces. Mais l'hémoglobine, chez ces derniers, n'est pas fixée sur les hématies, elle est en dissolution dans le plasma sanguin ; tel est, par exemple, le sang des vers de terre et d'un certain nombre d'annélides. Chez d'autres invertébrés, le sang est incolore, ou contient un principe colorant différent de l'hémoglobine. Lankester a rencontré l'hémoglobine surtout dans le sang des animaux qui vivent dans les boues fétides, dont l'eau privée presque entièrement d'oxygène, renferme un excès d'acide carbonique et même de l'hydrogène sulfuré, et il admet que ces êtres doivent à leur hémoglobine la propriété d'emmagasiner l'oxygène nécessaire à leur existence.

Circonstances dans lesquelles l'hémoglobine acquiert ou perd de l'oxygène ; oxyhémoglobine ou matière colorante du sang artériel. — L'hémoglobine absorbe et

perd de l'oxygène avec une grande facilité. Pour le constater, on fait pénétrer une certaine quantité d'oxygène dans un tube gradué rempli de mercure et placé sur une cuve à mercure, puis de l'eau distillée bouillie. Dès que l'eau est saturée d'oxygène, et le niveau constant, on introduit dans le tube un poids connu d'hémoglobine desséchée à froid; on voit aussitôt une absorption d'oxygène se produire. 1 gramme d'hémoglobine dissous dans l'eau absorbe 1,3^{cc} d'oxygène à la température 0°, à 20°, sous la pression de 1 mètre, selon Preyer; 1,1^{cc} d'oxygène, d'après Dibkowski. Une réaction semblable se produit avec les globules du sang quand l'hémoglobine n'est pas isolée. L'oxygène est-il simplement absorbé par l'hémoglobine, ou forme-t-il avec elle une combinaison véritable? L'ensemble des faits semble prouver qu'il y a entre eux une combinaison très-instable. L'oxygène y est faiblement lié, à l'état dit de tension. On peut, en effet, enlever par l'action simple du vide presque tout l'oxygène que contient l'hémoglobine, mais jamais la totalité; or les gaz simplement absorbés sont généralement facilement entraînés par le vide, et les substances à l'état de combinaison véritable ne se dissocient pas habituellement sous de si faibles influences.

De l'hémoglobine réduite ou de la matière colorante du sang veineux. — Le sang acquiert, pendant son passage à travers les capillaires du poumon, la teinte rouge particulière au sang artériel; il possède, en sortant des capillaires généraux, la couleur plus foncée qui caractérise le sang veineux. Ce change-

ment, dû à une modification encore mal déterminée de la matière colorante du sang, se produit également après la mort, même dans le sang artériel, par l'effet de la putréfaction. Il s'observe aussi lors de l'action d'agents réducteurs sur la matière colorante, et s'explique par la transformation de l'oxyhémoglobine en hémoglobine réduite. Inversement, l'hémoglobine réduite, agitée avec de l'oxygène, passe de nouveau à l'état d'oxyhémoglobine.

Cette transformation n'est-elle due qu'à une simple absorption d'oxygène, ou doit-on admettre en même temps une absorption d'eau? La question est encore indécise, quoique les recherches de Hoppe Seyler rendent plus probable la dernière opinion.

La préparation de l'hémoglobine réduite est assez difficile. On ne peut enlever à l'hémoglobine tout son oxygène par l'action seule du vide. Il faut ajouter l'action de la chaleur, et sous son influence la matière colorante s'altère. On a proposé de déplacer l'oxygène par un courant d'hydrogène, mais il y a deux écueils à éviter. Si la température est trop basse, on ne peut entraîner la totalité de l'oxygène que par un courant de gaz prolongé très-longtemps; si la température est plus élevée, on doit craindre un altération de la matière colorante. En opérant avec l'hémoglobine d'un chien, Kühne dit avoir obtenu une substance cristallisée. Hoppe Seyler recueillit toujours un produit amorphe. Il préfère, d'ailleurs, pour la préparer, se servir d'un courant d'acide carbonique, qui expulse complétement l'oxygène et laisse la matière colo-

rante rouge pourpre qui caractérise le sang veineux.

L'hémoglobine et ses dérivés présentent à l'analyse spectrale des caractères particuliers qui permettent de la reconnaître et de la doser. Le spectroscope (fig. 1)

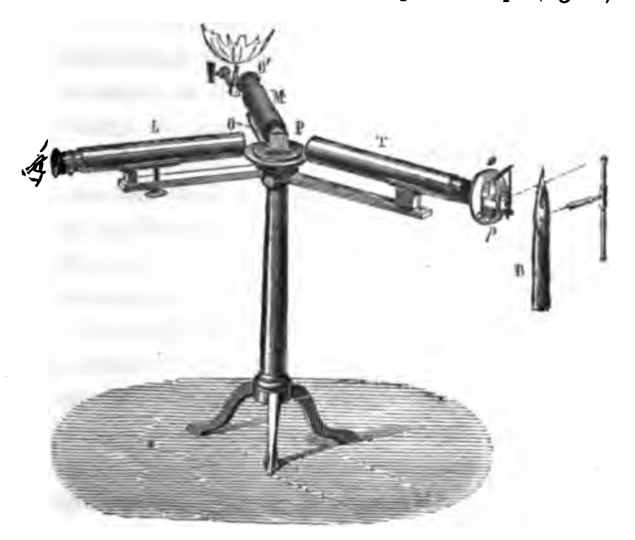


Fig. 1. — Spectroscope.

est essentiellement composé d'un tube T, terminé par une fente placée au foyer principal d'une lentille. En mettant un foyer lumineux devant la fente, les rayons arrivent parallèles à l'axe sur un prisme P. Après leur émergence, ils forment un spectre que l'on regarde par une lunette d'observation L. Un autre tube M porte un micromètre, lequel est placé de telle sorte qu'en regardant par la lunette on voit en même temps le spectre et le micromètre. On note, à l'aide du micro-

mètre, la position exacte des raies du spectre solaire. Vient-on à placer, entre une flamme et la fente du spectroscope, une substance colorée, transparente, solide ou en dissolution, le spectre de la flamme peut subir diverses altérations. Tantôt il est recouvert d'une obscurité continue, d'autant moins intense que la solution est en couche plus mince; tantôt il se trouve coupé par de véritables bandes d'absorption. Le spectre est alors désigné sous le nom de spectre d'absorption.

Quand les essais ne peuvent se faire que sur des quantités extrêmement minimes de matière, on se sert du microspectroscope, c'est-à-dire d'un microscope dont l'oculaire est remplacé par un spectroscope à vision directe. On met d'abord l'objet au point, selon le procédé habituel, puis on remplace l'oculaire par un spectroscope à vision directe, et on aperçoit un spectre qui apparaît avec les bandes d'absorption propres à la substance examinée. Les spectroscopes à vision directe ont la forme d'une lunette; ils sont formés par l'assemblage de plusieurs prismes ayant des pouvoirs réfringents différents, de telle sorte que l'on arrive, par leur association, à compenser la déviation que chaque prisme ferait éprouver aux rayons lumineux, tout en laissant la dispersion se produire.

On a proposé des vases de formes diverses pour l'examen du sang et des liquides colorés. On les place habituellement dans une petite cuve en verre à faces parallèles, ou simplement dans un tube à essai introduit dans un étui muni de deux petites ouvertures. On peut encore, lorsqu'on a peu de liquide, les exa-

miner dans des tubes en verre, pareils à ceux qui servent pour les appareils de polarisation.

Action de la lumière sur l'hémoglobine. — Si on porte devant la fente largement ouverte d'un appareil spectral placé à la lumière du soleil, une dissolution suffisamment concentrée d'hémoglobine, toute la lumière est absorbée, le spectre a complétement disparu, sauf au commencement du rouge qui seul apparaît faiblement. En ajoutant de l'eau à la dissolution, la partie du spectre comprise en C et D s'éclaire sensiblement. Par une nouvelle addition d'eau, la teinte verte apparaît au delà de E, avec une raie d'absorption à contours indécis, s'étendant environ de D jusqu'au delà de E. Enfin lorsque la quantité d'eau ajoutée devient suffisante, le spectre s'aperçoit en entier, et la raie unique est remplacée par deux raies d'absorption de largeur inégale situées entre D et E. Ces deux raies apparaissent toujours dès que la dissolution est étendue d'une quantité d'eau suffisante : elles sont persistantes, et caractérisent l'hémoglobine. Elles ne se modifient pas par de nouvelles additions d'eau ; elles s'affaiblissent et finissent par disparaître lorsque la dilution est poussée trop loin.

L'hémoglobine apparaît donc dans le spectre sous trois aspects différents. La dernière seule est caractéristique, et consiste dans la présence de deux bandes de largeur inégale comprises entre D et E, l'une plus nette, sombre et étroite près de la raie D, l'autre plus large et plus pâle près de la raie E.

Ces mêmes raies se constatent encore lorsqu'on

place devant la fente de l'appareil spectral, une dissolution dans l'eau de sang défibriné, ou un papier mouillé, imprégné ensuite de quelques gouttes de sang. L'eau agit en décomposant les globules sanguins, elle met en liberté l'hémoglobine qui apparaît alors avec ses lignes d'absorption caractéristiques.

Hoppe Seyler a constaté la présence des bandes d'absorption dans le sang en circulation chez l'animal vivant. Il place une partie mince et remplie de vaisseaux capillaires, l'oreille d'un homme ou d'un lapin blanc, les doigts serrés les uns contre les autres, la paume de la main, la membrane natatoire des grenouilles, devant la fente largement ouverte de l'appareil, exposé d'ailleurs à la lumière solaire la plus intense. Toutefois, pour que l'expérience réussisse, il est nécessaire qu'un vaisseau sanguin d'un calibre suffisant soit placé sur le trajet des rayons lumineux.

L'identité des phénomènes spectraux de la matière colorante du sang en circulation et de l'hémoglobine prouve que cette dernière substance est bien la matière qui donne au sang sa couleur, et non pas un produit de décomposition.

La matière colorante réduite présente des caractères particuliers lorsqu'on la soumet à l'analyse spectrale. Si on fait traverser la lumière solaire à travers une couche suffisamment épaisse d'hémoglobine réduite, placée devant la fente d'un spectroscope, on aperçoit la lumière rouge apparaître de la ligne C jusqu'à la ligne D. Vient-on à étendre d'eau la dissolution, sans permettre l'accès de l'air : la lumière verte se montre

entre E et F. Puis, par une nouvelle addition d'eau, une raie d'absorption apparaît recouvrant les trois quarts de l'espace DE, débordant un peu la ligne D, et persiste lors même que l'on étend encore la dissolution. Cette bande d'absorption entre D et E caractérise l'hémoglobine réduite, étendue en couche suffisamment mince. Elle disparaît dès qu'on agite la dissolution avec de l'oxygène ou de l'air, et se trouve remplacée alors par les deux raies de l'oxyhémoglobine.

L'hémoglobine des globules du sang vivant n'est jamais complétement réduite. Elle perd son oxygène au contact des tissus, qui agissent comme agents réducteurs, mais jamais en proportion assez grande pour donner le spectre de l'hémoglobine réduite. En examinant au spectroscope le sang qui circule dans une veine, on voit le même spectre qu'avec le sang artériel, mais plus voilé et comme reposant sur un fond obscurci. Il semble résulter de la superposition des spectres des hémoglobines oxygénée et réduite.

L'oxyhémoglobine, traitée par un acide ou un alcali, fournit, outre la matière albuminoïde et l'hématine, des traces d'acides gras volatils et des substances azotées inconnues. L'hémoglobine, privée d'oxygène, et maintenue à l'abri du contact de l'air, donne, dans les mêmes conditions, un précipité d'abord incolore, si on la traite par un acide, coloré, si on emploie de la potasse. Sous l'influence des acides et des alcalis, la matière colorante du sang ne laisse apercevoir, à l'analyse spectrale, que les bandes d'absorption qui caractérisent l'hématine en solution acide ou alcaline,

c'est-à-dire, dans le premier cas, une bande obscure au niveau de la raie C, et quelquefois deux près de la raie E et sur la moitié gauche de l'espace *b*F, deux près de la raie D. Dans le deuxième cas, une bande large et diffuse occupant la plus grande partie de l'espace C D, et dépassant à droite la raie D.

Action de l'oxyde de carbone sur l'hémoglobine. — L'hémoglobine forme avec l'oxyde de carbone une combinaison définie et cristallisée analogue à celle qu'elle produit avec l'oxygène. M. Bernard vit le premier que l'oxyde de carbone chasse l'oxygène contenu dans le sang, et il fonda sur cette action particulière une méthode pour analyser les gaz du sang. Lothar Meyer constata également que l'oxyde de carbone, en réagissant sur le sang, chasse l'oxygène à volume égal à celui de l'oxyde de carbone absorbé. Depuis, Hoppe Seyler obtint directement la combinaison de l'oxyde de carbone avec la matière colorante du sang, et reconnut que cette combinaison est stable et résiste longtemps, sans se détruire complétement, à l'action de la chaleur et du vide produit par la pompe à gaz.

On prépare les cristaux d'oxyde de carbone et d'hémoglobine soit à l'aide du sang défibriné, soit avec l'oxyhémoglobine elle-même. On étend le sang avec de l'eau, ou bien on dissout les cristaux d'oxyhémoglobine dans l'eau, on refroidit la dissolution à 0°, et on la fait traverser pendant quelques minutes par un courant d'oxyde de carbone. A quatre volumes de la dissolution on ajoute ensuite un volume d'alcool, on agite bien, et on laisse reposer pendant vingt-quatre heures;

on obtient ainsi en général des cristaux d'un gros volume.

Les cristaux d'oxyde de carbone et d'hémoglobine sont bleu-rouge et plus foncés que ceux d'oxyhémoglobine, leur dissolution est également plus sombre et plus bleuâtre. Ils ne présentent aucune différence de forme avec ceux de l'hémoglobine, du moins chez les cochons d'Inde, les rats, les écureuils et probablement aussi les chiens. Ils sont peu solubles dans l'eau et dans un mélange d'eau et d'alcool, et plus stables que ceux d'oxyhémoglobine. Ils se décomposent sous l'influence de l'air, mais peuvent se conserver indéfiniment dans des tubes scellés. Hoppe Seyler trouva les chiffres suivants pour l'analyse des cristaux d'oxyde de carbone et d'hémoglobine : 10,2764 grammes de matière pressée avec du papier à filtre, fournissent, lorsqu'ils sont desséchés à 100°, 4,7683 de résidu qui ont donné par l'action du vide sec 17,12^{cc} de gaz à 0 et à 1 mètre de pression.

CO^2	=	0,21	ou	1,23	°/₀
CO	=	0,49	ou	2,84	—
O	=	2.45	ou	20,07	—
Az	=	13,97	ou	75,86	—
		17,12	ou	100,00	—

La propriété que possède l'oxyde de carbone de s'unir avec l'hémoglobine par addition directe, de se séparer d'elle par l'action du vide, de la chaleur, établit une complète analogie entre cette combinaison et celle qui se produit entre ce même gaz et le chlorure de cuivre. Soumise à l'analyse spectrale, la dissolution de

la combinaison d'oxyde de carbone et d'hémoglobine laisse passer plus de lumière bleue que l'oxyhémoglobine, et produit comme elle deux raies d'absorption entre les raies D et E. Ces raies n'occupent pas la même position. Elles sont un peu moins près de la ligne D que dans le cas de l'oxyhémoglobine.

La combinaison de l'hémoglobine et de l'oxyde de carbone présente une assez grande stabilité en présence des gaz inertes et même des agents réducteurs. Elle n'est pas détruite par le sulfhydrate d'ammoniaque, les dissolutions ammoniacales de tartrate de fer, ni même immédiatement par le protochlorure de cuivre ammoniacal, si avide d'oxyde de carbone. Pour faire ces expériences spectrales sans craindre la présence de l'oxyhémoglobine, on peut, à l'avance, décomposer cette dernière par un courant de gaz inerte hydrogène, azote, ou par l'action d'un agent réducteur.

Action du bioxyde d'azote sur l'hémoglobine. — Le bioxyde d'azote fournit, comme l'oxygène et l'oxyde de carbone, une combinaison cristallisée avec l'hémoglobine. On l'obtient en faisant passer un courant de ce gaz dans une solution d'oxyhémoglobine ou de sang défibriné ; il est nécessaire d'ajouter un excès d'ammoniaque ou d'eau de baryte pour empêcher la transformation du bioxyde d'azote en hypoazotide, sous l'influence de l'oxygène qui devient libre. La combinaison se dépose en cristaux isomorphes avec ceux de l'oxyhémoglobine. Les agents réducteurs sont sans action sur elle. D'après Hermann, le bioxyde d'azote chasse l'oxyde de carbone de sa combinaison avec l'hé-

moglobine. La dissolution, qui prend d'abord une teinte foncée pendant le passage du courant de gaz, probablement par suite de formation d'hématine, s'éclaircit ensuite, et donne les mêmes raies que l'oxyhémoglobine, mais plus pâles.

Action de l'acide cyanhydrique sur l'hémoglobine. — L'acide cyanhydrique forme directement une combinaison avec l'hémoglobine. On fait passer un courant de gaz dans la solution de sang défibriné d'un cochon d'Inde ou d'un chien, et on ajoute au liquide 1/4 de son volume d'alcool concentré. En refroidissant le mélange à 0°, on obtient des cristaux d'hémoglobine et d'acide cyanhydrique. Ces cristaux sont ensuite dissous dans l'eau et purifiés par de nouvelles cristallisations, que facilitent l'addition d'alcool et le refroidissement à 0°. La masse rouge obtenue, desséchée et traitée par quelques gouttes d'acide sulfurique, dégage de l'acide cyanhydrique.

Cette combinaison est plus stable que l'oxyhémoglobine; elle ne se décompose pas dans le vide. L'influence particulière de l'acide cyanhydrique apparaît déjà lorsqu'on filtre une solution des globules du sang, mêlée à cet acide. La dissolution passe sans se décomposer, tandis que l'oxyhémoglobine laisse toujours sur le filtre un abondant dépôt d'hématine. La dissolution aqueuse de la combinaison d'acide cyanhydrique et d'hémoglobine ne se réduit pas par l'addition du sulfhydrate d'ammoniaque, d'une solution ammoniacale de sulfate de fer et d'acide tartrique, et donne les raies de l'oxyhémoglobine.

Action du cyanogène sur l'hémoglobine. — Lorsqu'on agite du sang défibriné dans un flacon rempli de cyanogène, on obtient une combinaison caractérisée par deux raies d'absorption placées un peu plus à droite que celles de l'oxyhémoglobine, résultant, d'après Lankester, de la combinaison d'hémoglobine et de cyanogène. Quand, au contraire, on dirige un courant de cyanogène dans le sang, il se forme une substance qui donne une large bande d'absorption entre D et E, débordant E. Lankester regarde cette substance comme formée d'hématine unie à l'acide cyanhydrique. Si, au contraire, on ajoute un liquide réducteur à la solution cyanhydrique, il apparaît deux raies entre D et E, débordant E, et la substance ainsi produite est de l'hémoglobine-Cy réduite.

Hématine ($C^{34}H^{34}Az^{4}FeO^{5}$). — L'hématine est un produit de décomposition de l'hémoglobine. Elle se rencontre dans les anciens foyers apoplectiques, dans le canal intestinal, où elle est le résultat de l'action du suc digestif sur le sang introduit comme aliment ou excrété par transsudation des vaisseaux, dans les fèces, l'urine lors de certains états pathologiques, etc.

On a donné de nombreux procédés pour obtenir l'hématine. La plupart d'entre eux ont fourni des matières jouissant de propriétés différentes. Hoppe Seyler la prépare de la manière suivante : On agite le sang défibriné avec de l'éther, on ajoute de l'acide acétique, et, après avoir agité quelque temps, on décante et on filtre la dissolution éthérée. On laisse reposer, on

recueille sur un filtre le précipité qui s'est formé, et on le lave avec de l'alcool et de l'éther.

Un autre procédé consiste à faire bouillir les cristaux d'hémine avec de l'acide acétique, les laver ensuite avec l'eau, l'alcool et l'éther, les dissoudre dans une lessive alcaline faible, précipiter la dissolution filtrée par l'acide chlorhydrique étendu, laver le précipité à l'eau bouillante, tant que les eaux de lavage se troublent par l'azotate d'argent, puis sécher à 100°. On obtient facilement encore l'hématine en réduisant l'hémoglobine par l'amalgame de sodium.

L'hématine présente un aspect brun rouge, un éclat métallique, elle est incristallisable, elle supporte une chaleur de 180° sans se décomposer, et elle dégage de l'acide cyanhydrique à une température plus élevée. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool, le chloroforme, très-peu soluble dans l'acide acétique. Elle se dissout facilement dans les dissolutions alcooliques acides, dans les liquides alcalins même très-étendus. A la lumière transmise, les solutions alcalines paraissent rouges en couches épaisses, vert olive en couches minces. Elle donne dans l'appareil spectral une raie d'absorption un peu indécise entre C et D. Les solutions acidulées par l'acide acétique se caractérisent par une large bande en C. Les solutions alcooliques acidulées par l'acide sulfurique laissent apercevoir une raie entre C et D, et deux autres près de la raie E et la moitié gauche de l'espace *b*F, et quelquefois deux autres encore près de la raie D.

Une solution alcaline d'hématine traitée par un agent de réduction donne l'hématine réduite, qui se reconnaît à deux raies d'absorption qui apparaissent entre D et E.

Hématoïdine. — On trouve des cristaux dans les anciens foyers hémorrhagiques. M. Robin, à qui l'on doit la connaissance exacte de ce sujet, admet que l'hématine, qui n'est pas cristallisable, se prend, du quatrième au vingtième jour d'un épanchement sanguin dans les tissus, quelquefois en aiguilles, généralement en cristaux microscopiques très-nets, dérivant d'un prisme oblique à base rhombe. Il donne à cette substance le nom d'hématoïdine. Les prismes, comme les aiguilles, sont durs, cassants, réfractent fortement la lumière sous le microscope. Ils ont une couleur rouge orange vif, ou rouge foncé, et un pouvoir colorant très-intense. Ils sont insolubles dans l'eau, l'alcool, l'éther, la glycérine, les essences, l'acide acétique. Ils se dissolvent dans l'ammoniaque en la colorant. M. Robin, d'après les analyses de M. Riche, lui attribue la formule, en équivalents, $C^{14}H^{9}AzO^{3}$; et prenant pour exacte la formule de Mulder pour l'hématine $C^{44}H^{8}AzO^{3}$, il regarde l'hématoïdine comme de l'hématine dans laquelle un équivalent de fer serait remplacé par un équivalent d'eau.

De l'hémine ou chlorhydrate d'hématine. — Sous certaines influences, la matière colorante du sang se transforme en une substance particulière, obtenue en 1853 par Teichmann, qui lui a donné le nom d'hémine. On l'isole en petits cristaux microscopiques en

traitant une goutte de sang, placée sous le champ du microscope, par un mélange d'acide acétique et de sel marin. Pour la préparer en quantité plus considérable, on précipite les globules du sang défibriné par une solution de sel marin, et on les agite avec de l'éther. On filtre la dissolution, et on la sèche à 30°. On pulvérise finement toute la masse, on la mêle avec de l'acide acétique, puis on la chauffe pendant quelques heures dans un bain-marie à 100°. On filtre; par un long repos, le liquide donne des cristaux d'hémine privée de matières albuminoïdes qui restent en dissolution. On les traite de nouveau par de l'acide acétique concentré, à 100°, pour leur enlever les dernières traces de matières albuminoïdes, et après quelques heures, on les recueille sur un filtre, et on les lave successivement avec de l'eau, de l'alcool et de l'éther.

Pour obtenir l'hémine cristallisée, d'après Gosdew, on la broie avec un peu de carbonate de sodium sec, on ajoute de l'alcool absolu et on agite pendant un jour. La dissolution filtrée est décomposée par un volume égal d'eau, et acidulée avec l'acide acétique. L'hémine précipitée est recueillie sous un filtre, lavée avec de l'eau, et encore humide, mise à digérer dans un bain-marie avec de l'acide acétique et du sel marin pulvérisé. Les cristaux sont ensuite filtrés, lavés avec de l'eau et séchés.

L'hémine cristallisée, ou maintenue en suspension dans un liquide incolore, a une teinte gris violet, un éclat métallique; elle paraît brune par transparence et

laisse, lorsqu'on la frotte sur de la porcelaine, une empreinte brune. Elle est insoluble dans l'eau froide ou chaude, l'alcool et l'éther. A peine attaquée par les solutions alcalines faibles, elle se dissout facilement dans les mêmes solutions concentrées. Elle est précipitée par les acides, les sels alcalins et terreux. Traitée par l'acide sulfurique, elle dégage de l'acide chlorhydrique. Chauffée avec les solutions alcalines, elle perd également son chlore. Elle en contient une quantité qui varie, suivant les analyses, de 3,7 à 5,2 pour 100. Hoppe Seyler la regarde comme du chlorhydrate d'hématine et écrit sa formule $C^{34}H^{34}Az^{4}FeO^{5}.HCl$. Elle donne à l'analyse spectrale les mêmes raies que l'hématine.

L'hématine s'unit également avec l'acide cyanhydrique et le cyanure de potassium. On a précédemment décrit ces combinaisons. Elle paraît également se combiner à l'oxyde de carbone.

Hématine sans fer. — On dissout de l'hématine dans de l'acide sulfurique concentré; par addition d'eau, on obtient un précipité qu'Hoppe Seyler regarde comme de l'hématine sans fer. Dissoute dans la soude, cette substance donne un spectre d'absorption interrompu par quatre bandes obscures.

Méthémoglobine. — Hoppe Seyler a décrit sous le nom de méthémoglobine une substance qu'il regarde comme intermédiaire entre l'hémoglobine et l'hématine. Son spectre est caractérisé par trois bandes d'absorption, dont les deux dernières occupent la même position que celles de l'hémoglobine; la pre-

mière à gauche est entre C et D plus près de C, dans une position différente de la raie de l'hématine en solution acide. Cependant Kühne croit que la méthémoglobine n'est que de l'oxyhémoglobine mêlée d'hématine dissoute par les acides formique et butyrique qui se forment en petite quantité pendant la décomposition de la première de ces substances.

GAZ DU SANG

On savait déjà, par les expériences de H. Davy, que la chaleur fait perdre au sang de l'oxygène et de l'acide carbonique, et, par celles de Stevens et Hoffmann, que le sang veineux agité avec de l'hydrogène dégage de l'acide carbonique. Mais ce sont surtout les travaux de Magnus qui ont mis hors de doute l'existence des gaz dans le sang.

Magnus extrait les gaz à l'aide du vide. Il défibrine le sang en l'agitant avec du mercure à l'abri du contact de l'air, puis il l'introduit dans un cylindre plein de mercure plongeant dans une cuve à mercure. A la partie supérieure de ce cylindre, se trouve un robinet qui établit une communication avec un tube destiné à recueillir les gaz, et également plein de mercure. On place le cylindre et la cuve sous la cloche d'une machine pneumatique. Dès que la pression diminue, le mercure s'abaisse dans le cylindre; un vide se forme au-dessus du sang et le gaz se dégage. On ouvre ensuite le robinet, et on fait passer le gaz dans le tube

supérieur. En répétant plusieurs fois l'action du vide sur le même sang, on extrait à chaque opération de nouvelles quantités de gaz.

Lothar Meyer chauffe à 40° dans un ballon un mélange de sang et d'eau, et recueille dans le vide les gaz qui s'échappent. Le ballon muni d'un long col gradué, est rempli d'eau bouillante parfaitement privée d'air, hermétiquement fermé et renversé sur un vase rempli d'eau bouillie. Quand il est refroidi, on enlève la plus grande partie de l'eau du col à l'aide d'un siphon, et on la remplace rapidement par du sang, dont on détermine le volume, en lisant la division à laquelle s'arrête la colonne de liquide, avant, et après l'entrée de l'air dans le ballon. On achève de le remplir avec de l'eau bouillie. On enveloppe le col d'une coiffe en caoutchouc, et on ferme hermétiquement le ballon en serrant une pince à vis sur cette coiffe. Dans l'extrémité béante de la coiffe, on engage un tube à boule, qu'on remplit à moitié d'eau bouillie, et qu'on relie à son autre extrémité avec un tube, ouvert d'abord, et destiné plus tard à recueillir les gaz. On incline l'appareil, et on fait bouillir l'eau du tube à boule ; lorsque l'air est complétement chassé et que la vapeur s'échappe à plein jet par l'extrémité du tube ouvert, on ferme cette ouverture par une coiffe en caoutchouc et une pince à vis, et aussitôt on enlève la lampe. Le vide se fait dans l'appareil. En enlevant la première pince à vis, on fait communiquer le ballon qui contient le sang avec le tube à boule. On chauffe alors le liquide contenu dans le ballon, sans qu'on ait

à craindre la formation de la mousse, car le sang ainsi dilué ne se coagule pas. Au bout d'une demi-heure, tous les gaz sont dégagés. On les fait passer dans un tube gradué. On recommence ensuite la même série d'opérations, après avoir introduit dans le ballon quelques fragments d'acide tartrique, afin de dégager et recueillir l'acide carbonique combiné dans le sang qui a déjà abandonné les gaz simplement dissous.

100 VOLUMES DE GAZ DU SANG RENFERMENT A 0° ET SOUS LA PRESSION DE 0,76, D'APRÈS M. LOTHAR MEYER

NATURE DU SANG.	GAZ LIBRES.	OXYGÈNE.	AZOTE.	ACIDE CARBONIQUE LIBRE.	ACIDE CARBONIQUE COMBINÉ.	QUANTITÉ TOTALE D'ACIDE CARBONIQUE.	QUANTITÉ TOTALE DE GAZ.
Artère carotide. Chien n° 2.	»	»	»	»	23,75	»	»
— Chien n° 1.	20,88	12,43	2,83	5,62	28,61	34,23	49,47
— Chien n° 2.	»	(3,79)*	(2,94)*	»	»	(27,10)	(33,84)
— Chien n° 2.	28,24	18,41	4,55	5,28	20,97	26,25	49,21
— Chien n° 1.	25,50	14,29	5,04	6,17	28,58	34,75	54,08
Sang de veau défibriné.	17,04	11,55	4,40	1,09	18,12	19,21	35,16
— agité avec de l'air. . . .	»	5,81	4,12	»	»	(21,50)	(35,40)

Les chiffres placés entre parenthèses se rapportent à des expériences dans lesquelles on a ajouté immédiatement de l'acide tartrique avant de faire bouillir.

Ludwig, Setschenow et Schœffer ne regardèrent pas la méthode précédente comme suffisante pour donner la totalité des gaz contenus dans le sang. Ils se servirent de la machine pneumatique à mercure. La

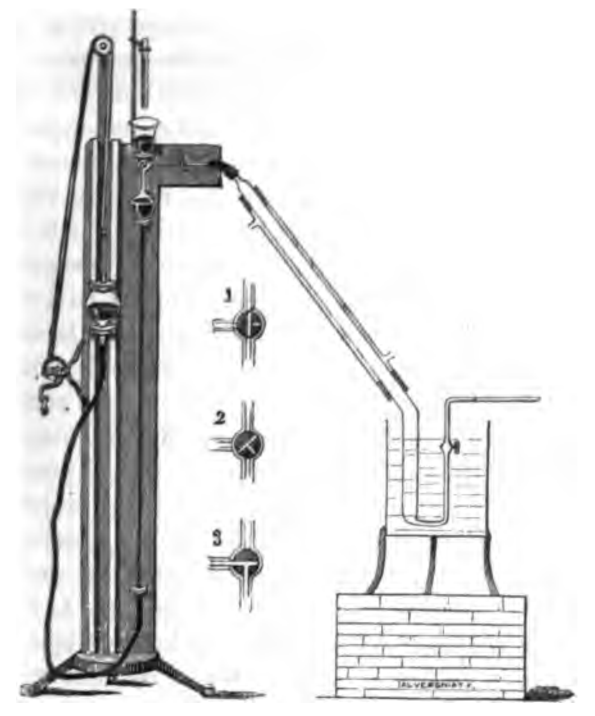


Fig. 2. — Machine pneumatique à mercure.
Les figures 1, 2 et 3 indiquent les diverses portions du robinet à trois voies.

même méthode fut ensuite employée par Pflüger, qui recommande d'opérer toujours dans un vide parfaite-

ment sec. Elle est adoptée actuellement par tous les physiologistes.

La machine pneumatique à mercure (fig. 2) permet en effet d'obtenir un vide beaucoup plus parfait que celui qui peut être atteint par tous les autres procédés. Elle est formée par un tube barométrique vertical qui porte en haut une boule d'un demi-litre environ, et se termine par une chambre barométrique oblongue, fermée par un robinet à trois voies, et qui communique en bas par un long tube de caoutchouc avec une cuvette à mercure mobile. Cette cuvette peut se relever et se placer plus haut que la chambre barométrique. On la met ainsi au commencement de l'expérience, et la chambre barométrique est pleine de mercure. Lorsque on abaisse la cuvette, il se forme un vide dans la chambre barométrique; si cette chambre est en rapport par le robinet convenablement disposé avec un récipient, une portion du gaz contenu dans le récipient se rend dans la chambre barométrique, et l'équivalent d'un premier coup de piston de la machine pneumatique ordinaire est effectué. Pour continuer l'opération, on tourne le robinet de manière à laisser sortir l'air, et on soulève la cuvette comme au début de l'expérience. Le mercure remplit de nouveau la chambre barométrique, on tourne le robinet pour le mettre en communication avec le récipient, et on recommence la même série d'opérations.

Le tableau suivant représente, pour l'analyse du sang de chien, la moyenne de dix analyses faites par Setschenow, Schœffer et Sczelkow. Celle du sang de mouton

est la moyenne de deux analyses de Nawrocki. Toutes furent exécutées après avoir extrait les gaz par la machine pneumatique à mercure. Elles ont donné pour les gaz les chiffres suivants rapportés à 0° et à la pression de 0,76[1].

[1] Ces analyses sont citées dans Gorup-Besanez, *Lehrbuch der Chemie*, Band III, S. 323, calculées à 0 et sous la pression de 1 mètre.

100 VOLUMES DE SANG ARTÉRIEL.	CHIEN. — ARTÉRIEL.	MOUTON. ARTÉRIEL.	MOUTON. VEINEUX.
Acide carbonique	38,9	45,1	45,4
Oxygène	19,2	10,7	5,4
Azote	2,1	1,8	3,3
Mélange des gaz	60,2	57,6	54,1

Nawrocki trouva également pour 100 volumes de la carotide d'un chien :

	1	2	3	4	5	6
Acide carbonique	29,5	31,7	27,8	33,7	30,3	45,6
Oxygène	11,6	10,6	8,4	18,1	13,0	10,1
Azote	1,3	1,5	1,7	2,0	2,0	2,5
Mélange des gaz	42,4	46,8	37,9	53,8	54,3	68,2

Lorsqu'on cherche, d'après ces chiffres, combien 100 volumes de gaz du chien et du mouton contiennent chacun des gaz pris isolément, on arrive au résultat suivant.

100 VOLUMES DE GAZ DU SANG.	SANG ARTÉRIEL DE CHIEN.	SANG DE MOUTON	
		ARTÉRIEL.	VEINEUX.
Acide carbonique. . . .	64,6	78,4	83,8
Oxygène.	31,9	18,5	10,0
Azote.	3,5	3,1	6,2
	100,0	100,0	100,0

M. Bernard dose l'oxygène du sang par une autre méthode. Il déplace l'oxygène de l'hémoglobine par un courant d'oxyde de carbone, et mesure la quantité de gaz que fournit un volume déterminé de sang. L'opération se fait sur le mercure dans une cloche graduée. On introduit avec une seringue, sous la cloche, environ 15^{cc} de sang, on en détermine le volume, puis de l'oxyde de carbone ; on agite, et on attend vingt-quatre heures. On fait passer les gaz dans une éprouvette graduée, on absorbe d'abord l'acide carbonique par la potasse, puis l'oxygène par l'acide pyrogallique. Le volume de gaz disparu indique la proportion de ce dernier gaz. Les chiffres trouvés par cette méthode comparés avec ceux fournis en se servant de la machine pneumatique à mercure sont sensiblement égaux.

Le tableau suivant, d'après Nawrocki, donne le résultat comparatif des deux procédés.

	QUANTITÉ D'OXYGÈNE DÉTERMINÉE DANS LE MÊME SANG.	
	par la machine pneumatique à mercure.	par la méthode de M. Bernard.
1re expérience	8,1	8,1
2e expérience	6,92	7,45
3e expérience	14,2	15,82

Oxygène. — L'oxygène pénètre sous forme gazeuse les bronches et les cellules pulmonaires. Existe-t-il également à l'état de gaz libre dans le sang, ou s'y trouve-t-il en combinaison? La plupart des physiologistes et des chimistes du commencement de ce siècle soutinrent la première opinion. Ils en donnèrent pour preuve la possibilité de déplacer l'oxygène du sang, au moins dans certaines conditions, à l'aide d'un courant d'acide carbonique. Mais les observations de Liebig, les expériences de Magnus, de Meyer, de Claude Bernard ont montré depuis l'insuffisance de cette démonstration, et font admettre aujourd'hui que l'oxygène se trouve dans le sang à l'état de combinaison instable.

On sait, en effet, que lorsqu'un gaz est simplement absorbé physiquement par un liquide et non combiné avec lui, la quantité de gaz qui se dissout est propor-

tionnelle à la pression que le gaz exerce sur le liquide. Elle augmente ou diminue selon que la pression augmente ou diminue. Or l'oxygène en contact avec le sang se comporte d'une manière toute différente. La quantité capable d'être absorbée est toujours la même, malgré les changements de pression. D'après MM. Fernet et Meyer, à la température ordinaire, et sous la pression de 0,760, mille volumes de sang absorbent 9,2 à 9,5 volumes d'oxygène ; ces chiffres restent constants lorsqu'on augmente ou qu'on diminue la pression. Ils démontrent donc que la quantité de gaz absorbé est indépendante de cette pression même, à condition toutefois, comme l'a constaté M. Bert, que la pression ne varie que dans des limites peu étendues. Comme conséquence, on doit donc admettre que l'oxygène n'est pas maintenu dans le sang par un simple phénomène de dissolution, mais qu'il y a, suivant l'expression de Liebig, une attraction particulière ayant pour effet de produire une combinaison chimique.

L'oxygène est surtout fixé par les globules du sang. Berzelius avait déjà remarqué que le sérum dissout moins d'oxygène que le sang défibriné. Magnus a constaté que le sang absorbe beaucoup plus d'oxygène que l'eau pure. 1,000 volumes d'eau, d'après Gay-Lussac, absorbent 9 1/4 volumes d'oxygène, 100 volumes de sang en dissolvent de 100 à 130 volumes. M. Fernet a vu qu'à la température ordinaire, le sang absorbe 5 fois autant d'oxygène que le sérum privé complétement de globules sanguins.

Contrairement à ce qui se passe dans les simples dissolutions gazeuses, les globules sanguins ne dissolvent pas une quantité de gaz d'autant plus grande que la température est plus basse. Ils s'imprègnent d'une quantité maximum d'oxygène de 40° à 45°. Passé cette température, des phénomènes d'oxydation se produisent, et l'oxygène disparaît. Hoppe Seyler a montré que les globules fixent l'oxygène par leur hémoglobine.

L'oxygène fixé par le sang, acquiert des propriétés oxydantes très-énergiques à une température où l'oxygène ordinaire est sans action. Il est comparable à l'ozone par l'énergie de ses réactions. D'après Schœnbein, en effet, les globules du sang jouissent d'une propriété semblable à celle que possèdent l'essence d'amandes amères et l'essence de térébenthine, capables, comme on sait, de transformer l'oxygène ordinaire en ozone et antozone. L'antozone forme de l'eau oxygénée, l'ozone se décompose immédiatement en partie par oxydation, en partie en s'unissant à l'antozone de l'eau oxygénée pour former de l'oxygène ordinaire. Cette double décomposition explique pourquoi on n'a jamais trouvé d'ozone dans le sang. Elle est due aux globules qui décomposent l'eau oxygénée en se décomposant eux-mêmes. En effet, le sang ne perd la propriété de décomposer l'eau oxygénée que lorsqu'il est complétement décoloré. L'essence de térébenthine agitée à l'air absorbe l'oxygène, le transforme en ozone, et bleuit la teinture de gaïac; pure, elle est sans action. Mais vient-on à lui ajouter

quelques globules de sang artériel : elle bleuit immédiatement la teinture de gaïac; l'oxygène du sang a formé de l'ozone. Cette teinte bleue est tellement forte et caractéristique, qu'elle peut même servir à reconnaître des quantités extrêmement faibles de ces globules.

Le peroxyde d'hydrogène peut dissoudre l'acide pyrogallique, sans provoquer la moindre oxydation; le liquide reste incolore, mais si on ajoute une trace de noir de platine, il brunit rapidement. La même expérience répétée, en remplaçant le noir de platine par des globules sanguins, amène pareillement la production d'une teinte brune. Ces faits ont conduit Schœnbein à conclure que les globules sanguins ont la propriété de transformer l'antozone ⊕ en ozone ⊖ L'ozone est pour lui la cause des phénomènes d'oxydation produits par le sang.

Malgré la facile décomposition de l'oxyhémoglobine, elle ne perd pas son oxygène en présence de certains corps très-avides d'oxygène. M. Claude Bernard a vu que l'acide pyrogallique, qui absorbe rapidement l'oxygène dans les solutions alcalines, est cependant sans action sur l'oxygène du sang.

Outre l'oxygène combiné aux globules, le sang contient une très-petite quantité de ce gaz dissous dans le sérum, en proportion variable, suivant la quantité et le rapport des différents sels, ainsi que l'a bien déterminé M. Fernet. Meyer avait déjà remarqué que lorsque le sang devient plus aqueux, la proportion d'oxygène qu'il peut entraîner à l'état de combinaison

diminue rapidement; celle qu'il absorbe à l'état de simple dissolution augmente au contraire.

On a vu que l'oxygène forme avec l'hémoglobine une combinaison définie, que, quelle que soit la quantité d'oxygène mise en rapport avec du sang défibriné, la proportion d'oxygène absorbé est sensiblement la même, qu'elle est à peu près indépendante de pressions qui ne varient que de 0,600 à 0,700^{mm}. Ces expériences prouvent que, dans certaines limites, on peut respirer une atmosphère contenant une quantité variable d'oxygène, sans en introduire dans le sang une quantité différente de celle qui s'y rencontre normalement, et sans que rien vienne troubler le jeu régulier des fonctions, et changer la composition de l'air expiré. MM. Regnault et Reiset ont constaté, en effet, que des animaux qui respirent dans une atmosphère contenant deux ou trois fois plus d'oxygène que l'air, n'éprouvent aucun malaise, et que les produits de la respiration et la quantité d'oxygène consommée restent sensiblement les mêmes que dans l'air normalement constitué. On explique par ce même fait que les hommes peuvent être soumis impunément à des augmentations et des diminutions de pression atmosphérique considérables. Les ouvriers vivent et travaillent sans souffrance dans des cloches à plongeur, sous des pressions allant de deux à sept atmosphères; les habitants des montagnes supportent sans inconvénient la raréfaction de l'air. Mais on a été trop loin en regardant le sang comme le régulateur absolu de l'absorption de l'oxy-

gène. M. Bert a montré que les proportions de gaz fixées par le sang varient dès que les changements de pression deviennent un peu considérables. Le sang veineux des animaux soumis à l'action de l'air comprimé est rouge comme le sang artériel, et la proportion d'oxygène dissous est au-dessus du chiffre normal.

Acide carbonique. — Le sang arrivé au poumon absorbe de l'oxygène, perd de l'acide carbonique, et de sang veineux devient sang artériel. Le lieu où se fait la réaction inverse, la transformation du sang artériel en sang veineux, n'a pas été connu primitivement. Lavoisier et Laplace pensaient qu'une combustion pure et simple des éléments du sang s'effectuait au niveau du poumon, en donnant naissance à l'acide carbonique contenu dans l'air expiré. Cette opinion ne peut être admise. L'acide carbonique se constate dans le sang veineux longtemps avant son arrivée au poumon. On ne peut donc concevoir la formation exclusive de ce gaz au niveau de ces organes.

Quelle que soit son origine, l'acide carbonique existe tout formé dans le sang. On a cherché par de nombreuses expériences à déterminer s'il y est en simple dissolution, ou à l'état de combinaison. On crut tout d'abord que l'acide carbonique s'y rencontre sous ces deux états, et on pensait en avoir la preuve dans l'expérience suivante. En soumettant du sang à l'action du vide, on obtient un dégagement d'acide carbonique; puis en ajoutant un acide au sang, on constate un nouveau dégagement d'acide carbonique. Lothar

Meyer ne put enlever complétement l'acide carbonique du sang par l'action combinée du vide et de la chaleur; il produisit un nouveau développement de gaz par une addition d'acide tartrique. Ce fait n'est pas exact. Ludwig, Setschenow et Preyer parvinrent à extraire tout l'acide carbonique du sang par l'action du vide seul et de la chaleur: ce qui semble prouver que l'acide carbonique se trouve dans un seul et même état.

L'acide carbonique n'est dissous qu'en faible proportion par les globules du sang. Il se trouve principalement dans le sérum. On a fait de nombreuses expériences pour déterminer si la fixation de ce gaz ne résultait pas de sa combinaison avec quelques-uns des sels du sang. Une dissolution de carbonate de sodium se change en présence d'un excès d'acide carbonique en bicarbonate de sodium. Cette transformation a lieu par combinaison chimique, et est indépendante de la pression. Le bicarbonate de sodium en solution aqueuse, placé dans le vide, ou soumis à l'action d'un gaz inerte comme l'hydrogène, perd son acide carbonique et redevient carbonate neutre. Si les carbonates se comportent dans le sérum comme dans l'eau, ils doivent être considérés comme des sels capables de fixer l'acide carbonique dans le sang. Cependant cette transformation des carbonates en bicarbonates en présence du phosphate de sodium, qui existe toujours dans le sérum, s'accorde difficilement avec la réaction alcaline du sang, car on ne peut supposer la présence simultanée de ces deux sels sans admettre aussi leur décom-

position partielle, d'où résulte la mise en liberté d'une petite quantité d'acide phosphorique, résultat incompatible avec l'état alcalin du sang. Cette difficulté ne paraît pas sérieuse, Sertoli regarde la quantité de phosphate contenue dans le sérum comme trop faible relativement pour changer la réaction des carbonates et pour modifier leur action propre.

M. Fernet[1] a déterminé la quantité d'acide carbonique que peut dissoudre chacun des éléments du sérum en particulier. Il a vu que l'action du carbonate de sodium résulte de la transformation du carbonate simple en bicarbonate, par suite de la fixation d'une molécule d'acide carbonique, et de l'action dissolvante de la solution du bicarbonate sur l'acide carbonique. Cette dernière possède un coefficient de solubilité un peu moindre que celui de l'eau, et d'autant plus faible que le sel est en plus forte proportion.

Le phosphate de sodium ordinaire forme d'abord avec l'acide carbonique une combinaison qui a pour formule, en équivalents $(PhO^5 . 2\,CO^2)\ (2\,NaO.HO)$, et la solution du nouveau sel dissout une nouvelle proportion de gaz.

La combinaison du phosphate de sodium ordinaire et de l'acide carbonique, à laquelle M. Fernet fait jouer un rôle important pour la fixation de l'acide carbonique, ne peut exister que dans des dissolutions étendues, et se décompose dès qu'on cherche à les concentrer. Aussi Meyer, auquel on doit ces observations, ne

[1] Fernet, *Annales d'Histoire naturelle*. 4e série, *Zoologie*, t. VIII, page 134.

pense pas qu'un phénomène de cet ordre s'accomplisse dans le sang. Toutefois Schœffer fit voir que le sel de M. Fernet peut se détruire par une diminution de pression ou le passage d'un gaz étranger; et il trouva qu'il existe, entre la quantité de phosphate de sodium contenu dans les cendres du sang et la quantité d'acide carbonique, un rapport précisément semblable à celui que demande la formule proposée plus haut. Cette dernière observation ne suffit pas pour prouver la préexistence de ce sel. Elle repose sur l'hypothèse que tout le phosphore contenu dans le sang est à l'état d'acide phosphorique; on sait au contraire qu'une partie de ce métalloïde entre dans la composition de la matière phosphorée, ou lécithine. Sertoli, en effet, détermina la quantité de phosphate de sodium qui se trouve dans les cendres du sang, lorsque au préalable on a enlevé de celui-ci les corps organiques phosphorés; après ce traitement, les cendres de 200 grammes de sang de bœuf ne lui ont donné que 0,0025 à 0,0050 d'acide phosphorique. Cette faible quantité ne pourrait fixer, d'après la formule de M. Fernet, que 0,75 volume d'acide carbonique pour 100 volumes de sérum. On doit donc en conclure que le phosphate de sodium ne joue qu'un rôle accessoire pour la dissolution de l'acide carbonique dans le sang.

Le chlorure de sodium a une action dissolvante moindre que celle de l'eau pure.

En résumé le sérum se comporte, par rapport à l'acide carbonique, comme une solution de phosphate et de carbonate de sodium, et son action se compose :

1° De la fixation d'un certain volume d'acide carbonique retenu par une véritable affinité chimique, et demeurant constant quand on fait varier la pression.

2° De la dissolution proprement dite d'un autre volume d'acide carbonique qui change avec la pression, suivant la loi de Dalton, dont le coefficient de solubilité est un peu moindre que celui de l'eau pure, et diminue à mesure qu'augmente la proportion des matières dissoutes.

Causes du dégagement de l'acide carbonique dans le poumon. — Le dégagement de l'acide carbonique des bicarbonates a été regardé par Verdeil comme produit par un acide azoté, particulier au poumon, qu'il nomma acide pneumique.

Depuis, des expériences dues à Schœffer, ont montré que les globules jouent un rôle tout particulier dans le dégagement de l'acide carbonique. Leur action est semblable à celle d'un acide faible qui mettrait l'acide carbonique en liberté. Les élèves de Ludwig trouvèrent que le vide enlève tout l'acide carbonique du sang, et ne peut dégager celui du sérum; ils en conclurent que les globules ont une action propre pour amener le dégagement de l'acide carbonique. Preyer divisa le sérum d'un même sang en deux parties, soumit la première à l'action du vide tant qu'il se dégagea du gaz, il ajouta à la deuxième une certaine quantité de globules du sang et la plaça également dans le vide. Quand tout le gaz fut dégagé, il mêla les deux liquides, et vit de nouveau un développement de gaz en quan-

tité juste égale à celle qu'eût produite dans le premier sérum l'addition d'un acide, preuve évidente de l'action des globules sur le sérum.

Pflüger chercha les conditions qui pouvaient modifier cette action particulière des globules ; il étudia l'influence de la température; il vit qu'à 0°, le tiers seulement des gaz du sérum se dégage, et qu'en ajoutant de l'eau au liquide, trois à quatre volumes de gaz se développent encore dès que le contenu des globules se répand dans le sérum, par suite de leur destruction en présence de l'eau en excès. Il expliqua par cette expérience le dégagement d'acide carbonique qui se produit par l'agitation seule du sang. Il trouva du reste que le sang artériel perd plus facilement son acide carbonique que le sang veineux, mais que le sang veineux dégage aussi facilement son acide carbonique que le sang artériel, s'il a été agité quelque temps à l'air. Il vit là une action particulière de l'oxygène, qui formerait un acide avec un des éléments du sang. Il constata que la matière colorante est capable de faire dégager avec l'action du vide, l'acide carbonique du carbonate de sodium, et il la considéra comme un acide; mais ce résultat, exact dans les conditions de l'expérience, ne peut être invoquée pour expliquer le dégagement de l'acide carbonique dans le poumon. Jusqu'à présent aucun fait n'a permis de démontrer l'existence réelle d'un acide des globules, et on doit regarder encore comme des hypothèses les théories fondées sur son existence. On ne peut supposer que ce soit l'hémoglobine de Hoppe Seyler qui se décompose pour

former un acide, car l'étude spectrale du sang maintenu à 40° montre qu'aucune trace d'hématine n'a pris naissance, ce qui aurait eu lieu si l'hémoglobine se fût transformée.

Des expériences de Sertoli semblent attribuer aux matières albuminoïdes, un rôle prépondérant dans cette décomposition. Il vit que l'albumine du sang, aussi bien que la globuline extraite du cristallin d'un œil de bœuf, peuvent, dans le vide de la machine pneumatique à mercure, dégager l'acide carbonique d'une solution de carbonate de sodium, aussi bien que celui du sérum. Dans une expérience, il obtint vingt-sept volumes d'acide carbonique pour cent de sérum ; dans une deuxième, vingt-quatre volumes d'acide carbonique pour cent de sérum.

Il reste à expliquer comment la réaction se produit chez l'être vivant. Sertoli admet que l'acide carbonique se forme dans les tissus, qu'il trouve dans les capillaires et les veines une pression assez forte pour faciliter la formation d'un sel acide de sodium, tandis que, dans les capillaires du poumon où la pression diminue, les éléments albuminoïdes se fixent sur l'alcali, et rendent libre une partie de l'acide carbonique.

Azote. — L'azote existe en petite quantité dans le sang; on en trouve toujours 2 ou 3 pour 100, tant dans le sang artériel que dans le sang veineux. Le sérum n'en dissout que 1 pour 100, et comme la totalité du sang en contient davantage, il est probable que les globules en dissolvent aussi. Les animaux à l'état d'inanition empruntent de l'azote à l'atmosphère; ceux

qui reçoivent une alimentation azotée très-abondante en rejettent au dehors pendant l'expiration.

L'hydrogène a été constaté aussi comme partie constituante des gaz du sang.

Analyse du sang. — MM. Dumas et Prévost ont donné la première méthode qui ait été employée avec succès pour l'analyse du sang. Elle consiste à recueillir le sang d'une saignée dans deux capsules. La première sert à doser la fibrine, la seconde est abandonnée au repos. On sépare, après la coagulation, le sérum et le caillot, on les dessèche et on les pèse. On a ainsi les données nécessaires pour obtenir le poids de la fibrine, des globules, de l'eau et des matières solides du sérum. Cette méthode a été appliquée par MM. Andral et Gavarret à l'examen du sang dans les maladies; elle ne peut cependant donner que des approximations. Un grand nombre de procédés, recommandables à divers titres, ont été proposés depuis; dans tous, l'incertitude tient à la difficulté de doser les globules sans les altérer.

M. Bouchard[1] est parvenu à résoudre cette difficulté de la manière suivante : On recueille 10 à 15 grammes de sang dans deux capsules pesées. La capsule n° 1 est abandonnée à la coagulation spontanée. Dans la capsule n° 2, avant d'introduire le sang, on verse quelques grammes pesés d'une solution neutre, en ce sens, qu'elle ne doit agir sur les globules, ni pour les gonfler, ni pour les faire revenir sur eux-

[1] Bouchard, Société de Biologie.

mêmes, et on laisse également le sang se coaguler. Après un temps suffisant, le caillot se rétracte dans les deux capsules, et reste baigné dans un sérum incolore. A l'aide d'une pipette, on prend de 2 à 4 grammes de sérum dans chaque capsule, on les additionne d'eau distillée, acidulée avec l'acide azotique pur, et on les traite par la chaleur. On recueille le précipité floconneux sur un filtre pesé, on le lave à l'eau bouillante additionnée de 1/20 d'acide azotique; on sèche les filtres à l'étuve, et les poids donnent la quantité d'albumine contenue dans chacun des deux sérums. On a ainsi les éléments suffisants pour doser le sérum dans la capsule n° 2; soit a, en effet le poids connu d'albumine contenue dans un gramme de sérum pur (capsule n° 1), a', le poids d'albumine contenue dans un gramme de sérum étendu (capsule n° 2), l, le poids du liquide ajouté au sang dans la capsule n° 2 et x le poids total du sérum contenu dans la capsule 2 avant son mélange avec la solution sucrée.

On peut dire que le poids total de l'albumine contenu dans le sérum (caps. n° 2) est ax ou $a'(x+l)$.

$$ax = a'(x+l)$$

d'où

$$x = \frac{la'}{a-a'}.$$

Connaissant la quantité de sérum contenu dans la capsule 2, on peut la rapporter à 1000.

On enveloppe dans un nouet le caillot de la capsule

n° 1, on le malaxe sous un courant d'eau, on le lave à l'alcool absolu, on le dessèche à l'étuve, et on a le poids de la fibrine. Par le calcul, on le rapporte à 1000.

On connaît donc le poids du sérum, celui de la fibrine; par différence, on a celui des globules frais.

Le liquide ajouté au sang dans la capsule n° 2, ne doit pas altérer les globules plus que le sérum lui-même. On reconnaît que cette condition est remplie quand on ne les trouve nullement déformés à l'examen microscopique; on tire une autre preuve de la concordance de plusieurs analyses faites avec des quantités variables du liquide ajouté. Un liquide trop peu dense gonfle les globules, trop concentré, il les fait diminuer de volume; l'observation montre qu'une solution de sucre de canne, marquant 1026 à l'aréomètre, peut s'employer avantageusement.

Dosage de l'hémoglobine. — On trouve par expérience que l'hémoglobine contient 0,42 pour 100 de fer (Hoppe Seyler), de 0,50 à 0,53 (Preyer), et on sait que tout le fer contenu dans le sang se trouve dans l'hémoglobine. En dosant la quantité de fer contenue dans les cendres du sang, on peut calculer la quantité d'hémoglobine.

Preyer [1] arrive à la même détermination à l'aide de l'analyse spectrale. On prend deux cuves en verre dont les faces parallèles sont distantes de 1 centimètre. On place dans l'une une quantité déterminée d'une disso-

[1] Preyer, *Quantitative Bestimmung des Farbstoffs im Blute durch das Spectrum* (*Ann. der Chem. und Ph.*, B. CXXX, S. 187).

lution d'hémoglobine assez concentrée pour que tous les rayons soient interceptés à l'exception du rouge, et que l'addition d'une petite quantité d'eau suffise pour faire apparaître la couleur orangée et un peu du vert. Dans l'autre, on met une quantité mesurée de sang, et on l'étend d'eau jusqu'à ce qu'apparaisse la même teinte verte. On peut alors, si on a déterminé à l'avance la quantité k d'hémoglobine qui correspond à l'apparition du vert, v la quantité d'eau ajoutée au volume b du sang, calculer la quantité d'hémoglobine que ce dernier renferme par la formule

$$x = \frac{k(v+b)}{b}$$

et si

$$b = 500 \text{ centimètres cubes.}$$
$$x = k(1+2v)$$

Vierordt détermine la quantité d'hémoglobine par un procédé tout différent : On regarde au spectroscope le spectre formé par une lampe à pétrole, et on projette sur ce spectre l'image d'une fente horizontale réfléchie sur la face de sortie du prisme. Cette fente remplace le micromètre, dont on sert habituellement. Le spectre est ainsi coupé en deux dans toute sa longueur par une ligne blanche. La fente est éclairée par une seconde lampe à pétrole dont on a affaibli l'intensité par des verres noirs de pouvoir absorbant connu, jusqu'à ce que la ligne blanche disparaisse successivement dans chaque couleur. L'intensité de la lumière émanée de la fente est alors égale à celle de la couleur dans laquelle l'image de cette fente dispa-

raît. On arrive par cette méthode photométrique à mesurer l'intensité de la teinte des pigments colorés, et en particulier celle de l'hémoglobine contenue dans le sang.

Cendres. — Les analyses des cendres du sérum, des globules et du caillot ont donné les chiffres suivants (Gorup-Besanez) :

PARTIES CONSTITUANTES DE 100 PARTIES DE CENDRES.	SÉRUM WEBER.	GLOBULES WEBER.	CAILLOT ROSES.
Chlorure de sodium	72,88	17,36	»
Chlorure de potassium	»	29,87	»
Potasse	2,95	22,36	0,84
Soude	12,93	3,55	16,16
Chaux	2,28	2,58	9,63
Magnésie	0,27	0,53	2,52
Oxyde de fer	0,26	10,43	52,81
Acide phosphorique	1,73	10,64	9,01
Acide sulfurique	2,10	0,09	6,58
Acide carbonique	4,40	2,17	»
Acide silicique	0,20	0,42	2,01

CHYLE ET LYMPHE

Les vaisseaux lymphatiques et chylifères sont le siége d'une circulation incomplète, annexe de la circulation sanguine. Ils tirent leur origine de réseaux qui commencent à la périphérie des organes et vont se terminer dans la veine sous-clavière gauche. A leur point de départ, les réseaux lymphatiques sont immédiatement appliqués sur les capillaires sanguins, qu'ils embrassent toujours dans une partie

de leur circonférence, de telle sorte qu'ils ont une paroi propre incomplète et sont limités par les capillaires sanguins. Ils n'arrivent à avoir d'indépendance que lorsque les vaisseaux sanguins acquièrent un diamètre souvent déjà considérable.

Ils forment, chez les animaux, la gaîne lymphatique des vaisseaux, laquelle a été trouvée par M. Robin sur les artères du cerveau de l'homme, et reconnue depuis sur l'ensemble du système artériel.

Les lymphatiques tirent leur origine des plexus du tissu conjonctif; ils prennent également naissance dans la trame des membranes séreuses, véritables sacs lymphatiques, d'après M. Ranvier, et en communication directe avec les vaisseaux du même nom.

On donne le nom de lymphe au liquide contenu dans les vaisseaux lymphatiques généraux, de chyle à celui qui provient du réseau des capillaires de l'intestin. Ces deux liquides présentent une composition semblable; ils diffèrent au moment de la digestion par des matériaux qui, absorbés dans les vaisseaux, donnent momentanément au chyle des propriétés chimiques particulières, et un aspect lactescent.

On obtient la lymphe mêlée de chyle en recueillant le liquide du canal thoracique, ou exempt de ce dernier produit, en prenant celui qui, chez le bœuf ou le cheval, s'écoule des lymphatiques du cou. La quantité de lymphe qui traverse le canal thoracique d'une vache s'élève, d'après M. Colin, à 92 litres en vingt-quatre heures, mais à vrai dire, dans ces expériences, l'écoulement n'avait pas lieu dans des conditions normales.

La lymphe est incolore ou faiblement colorée en jaune, rosée à la suite d'abstinence, plus foncée quand elle provient d'un organe gorgé de sang. Sa densité varie de 1022 à 1037. Sa réaction est alcaline, moins cependant que celle du sang ; il suffit de 0,37 d'acide lactique pour neutraliser 100 grammes de lymphe ; il en faut 0,50 pour rendre neutre 100 grammes de sang.

Le chyle est généralement opalin. Sa couleur est due aux matières grasses qui le pénètrent, et deux à quatre heures après l'ingestion des aliments, elle cesse d'être jaunâtre et limpide pour devenir lactescente ; elle est d'ailleurs d'autant plus laiteuse que les aliments contiennent une plus forte proportion de matières grasses.

La lymphe et le chyle sont formés d'un plasma et de globules blancs, ou leucocytes, tenus en suspension.

La lymphe abandonnée à elle-même se coagule spontanément, et se sépare en caillot et en sérum. Cette transformation est indépendante de la présence de l'air; elle a lieu dans le vide aussi bien que dans les gaz inertes, comme l'azote ou l'hydrogène. Le chyle dans les mêmes conditions se prend en masse.

Cette coagulation indique la préexistence, dans la lymphe et le chyle, des éléments capables de donner naissance à la fibrine, le fibrinogène et la substance fibrino-plastique. Le caillot entraîne la plupart des éléments solides contenus dans le chyle et la lymphe; mais la fibrine du chyle est moins rétractile que celle du sang, et le caillot n'affecte pas la forme de godet.

Globules blancs ou leucocytes. — Les globules blancs possèdent les caractères des cellules embryonnaires, et semblent devoir être confondus avec elles; ils sont très-répandus dans l'organisme, ils forment les globules blancs du sang, les globules de la lymphe, du chyle, du mucus, du pus, du colostrum, etc., et quelquefois, dans les parties solides de l'économie, la trame de certains tissus.

Leur origine est encore discutée. Deux théories sont en présence pour expliquer la génération des éléments anatomiques. L'une établit comme base fondamentale que toujours la cellule naît directement de la cellule; l'autre, au contraire, admet que des éléments anatomiques figurés peuvent naître spontanément dans des blastèmes amorphes.

Cette dernière opinion s'appuie surtout sur des expériences directes dues à MM. Onimus et Legros. Certains blastèmes entièrement dépourvus d'éléments figurés, tels que la sérosité des vésicatoires, renfermés dans des vessies faites de baudruche ou d'autres substances organiques, et placés dans l'intérieur de plaies pratiquées à des animaux, se remplissent spontanément de leucocytes, après un court espace de temps. Ces expériences ne réussissent que si la fibrine du liquide des vésicatoires n'est pas coagulée. Elles démontrent la génération spontanée des leucocytes dans des blastèmes fibrineux, sous certaines conditions de température et d'endosmose.

Cependant, pour M. Lortet et d'autres observateurs, ces faits ne sont pas probants, doivent s'expliquer

par la perméabilité des membranes, et, au lieu de démontrer la génération des leucocytes, ils n'indiquent que la simple introduction d'éléments anatomiques à travers les parois de sacs membraneux. Il faut seulement, pour que les leucocytes puissent pénétrer les membranes, qu'ils soient encore doués de leurs mouvements sarcodiques et browniens, et qu'ils soient placés dans certaines conditions de température et de vie.

M. Ranvier a vu également que des fragments de moelle de sureau, introduits sous la peau d'un certain nombre d'animaux, se remplissent de globules blancs qui pénètrent de la périphérie au centre. Enfin, dans des recherches de chimie pathologique, Conheim reconnut que souvent, dans l'inflammation, les leucocytes proviennent du sang, et traversent les vaisseaux capillaires.

On a admis la transformation des leucocytes en globules rouges, dans le sang et dans les vaisseaux lymphatiques eux-mêmes. Ce changement a été reproduit artificiellement par Recklinghausen, en abandonnant du sang de grenouille dans une étuve chargée d'air humide que l'on renouvelle chaque jour. On a pu suivre ainsi la transformation des globules blancs[1]. M. Robin n'admet pas cette origine pour les hématies, et fait remarquer que ce n'est qu'une manière illusoire de reculer une difficulté, car il reste toujours à déterminer le mode et les conditions de la naissance des leucocytes.

[1] Cité par Frey, *Traité d'histologie*, p. 154.

Plasma. — Le plasma lymphatique contient des matières albuminoïdes, albuminates alcalins, beaucoup d'albumine du sérum, des peptones, une petite quantité de paraglobuline qui se précipite par l'acide carbonique, des granulations graisseuses formées, selon Müller, de graisses neutres entourées d'une couche mince de matières albuminoïdes coagulées, de la glucose, surtout après une nourriture riche en sucre et en amidon. Avec cette même alimentation, Lehmann a trouvé aussi de l'acide lactique. M. Wurtz a signalé la présence de l'urée dans la lymphe et dans le chyle du taureau, de la vache, du chien, du bélier, du mouton et du cheval; elle s'y trouve en proportion beaucoup plus forte que dans le sang.

Le chyle contient beaucoup d'alcalis combinés à l'albumine, aux acides lactique, phosphorique et chlorhydrique. Il renferme environ 12 pour 100 de sels minéraux, dont 9 à 10 pour 100 de sels solubles.

Analyse du chyle. — Dahnhardt et Hensen ont trouvé dans la lymphe d'un homme blessé à la partie supérieure de la cuisse, des quantités considérables de matières grasses : oléine, palmitine, stéarine, cholestérine, des traces de lécithine, de l'urée, de la leucine, des acides qui paraissent être de l'acide butyrique et ses homologues, mais ni acide formique, ni sucre. La densité de ce liquide était 1,007; il contenait 13,658 pour 1000, réparties de la manière suivante :

Sels organiques.	4,869
Sels inorganiques solubles.	8,556
— insolubles.	4,869

Les substances organiques contenaient pour 1000 :

Fibrine	1,070
Albumine de sérum	1,408
Albuminates précipités par l'acide acétique	0,894

Les cendres contenaient en moyenne :

Chlorure de sodium	424,296
Soude	72,888
Potasse	22,916
Chaux	6,891
Magnésie	1,866
Acide phosphorique	7,679
— carbonique	57,767
— sulfurique	8,979
Oxyde de fer	0,354
Perte	3,312

L'acide carbonique, dissous ou combiné, variait de 1,109 à 0,972 pour 1000, ou environ 50 volumes de gaz pour 100..

Analyse de MM. Gubler et Quevenne.

	LYMPHE.	
Fibrine	0,656	6,013 de matériaux solides.
Matière grasse	0,382	
Matière albumineuse contenant seulement un centième de son poids de phosphates terreux avec traces de fer	4,275	
Extrait hydro-alcoolique contenant du sucre et ayant laissé par incinération 0,730 d'un mélange salin composé de chlorure, phosphate et carbonate sodique	1,300	
Eau	93,987	
	100,000	

Fibrine.	0,063	6,523
Matière grasse fusible à 39° cent.	0,920	
Matière albumineuse avec traces de fer.	4,280	
Extrait hydro-alcoolique contenant du sucre au nombre de ses éléments.	1,260	
Eau.	93,477	
	100,000	

Analyse de M. Robin.

	CHYLE.	LYMPHE.
Eau.	960 à 965	900 à 990
Chlorure de sodium.	4 à 6	5 à 7
— de potassium.	non dosé.	non dosé.
Carbonate de sodium.	1 à 2	non dosé.
— de potassium. . . .	non dosé.	non dosé.
— de calcium. . . . Phosphates calcaires et alcalins.	0,50 à 2	0,80 à 3
Sulfate de potassium et de sodium.	0,23 à 0,50	non dosé.
Principes cristallins d'origine organique . . . . Urée. . . . . Glucose.	3 à 8	5 à 9
Corps gras.	2 à 9	10 à 36
Albumine sèche.	33 à 60	30 à 40
Fibrine (et leucocytes)	1 à 5	3 à 4
Peptone.	3 à 4,50	6 à 8
Hématosine.	0,6	0,6

CHAPITRE III

DES TISSUS

DE LA CELLULE

La cellule représente l'unité organique, l'élément vivant à son degré le plus simple. Elle consiste en une masse plus ou moins liquide de protoplasma, renfermant un ou plusieurs noyaux et des nucléoles.

Quelquefois elle se recouvre d'une membrane enveloppante, et constitue alors la cellule telle que la concevaient les premiers observateurs, Schwann et Schleiden, qui la regardaient comme possédant toujours une membrane limitante et un contenu. Les recherches modernes ont montré que la membrane d'enveloppe n'est pas constante, et qu'elle n'a qu'un rôle physiologique peu important.

Le volume des cellules oscille de 0,0057 à 0,2256. Leur forme est variable, sphérique, plate, discoïde dans les globules du sang; plane ou en écailles dans les épithéliums, cylindrique, fusiforme, etc. Leur composition diffère; les jeunes cellules renferment du pro-

toplasma ; les cellules vieilles, des substances de diverse nature.

Le protoplasma est un liquide plus ou moins filant, qui se gonfle ou se rétracte dans l'eau, sans se dissoudre, et se coagule après la mort, caractère qui indique la présence de la myosine. Il contient d'autres substances albuminoïdes coagulables à diverses températures, des matières grasses, colorantes, salines, peut-être de la lécithine, et quelquefois enfin des granulations formées de substances albuminoïdes coagulées.

Le noyau des cellules n'apparaît souvent que par l'action des réactifs. Il a l'apparence d'une vésicule, ayant une enveloppe et un contenu granuleux. Il ne se dissout pas à froid dans une solution de potasse, et ne se colore pas par une solution ammoniacale de carmin, comme le font les matières grasses. Il renferme des nucléoles que le carmin colore et que la potasse fait disparaître, ainsi que quelques granulations pigmentaires.

On rencontre encore dans les cellules des produits très-divers. Ils proviennent, soit des transformations du protoplasma, soit des métamorphoses que subissent les substances introduites dans les cellules par la nutrition elle-même. Leur étude reviendra dans la description des tissus.

Les cellules jouissent des propriétés des organismes vivants. Elles naissent, s'accroissent, arrivent à leur période d'état et meurent ; elles se détruisent, et éprouvent des modifications qui donnent aux divers

tissus leurs propriétés caractéristiques; elles procréent et engendrent de nouvelles cellules; elles sont le siége d'échanges nutritifs souvent faciles à suivre au microscope. A travers la couche externe épaissie du protoplasma, ou la membrane limitante, se produisent des phénomènes d'imbibition, d'endosmose, de diffusion, d'où résultent leur propre nutrition, et quelquefois la séparation de produits de sécrétion et d'excrétion. Elles sont contractiles, susceptibles de changer de forme et d'exécuter, par une action propre, des mouvements dits amiboïdes. Ainsi elles font pénétrer dans leur intérieur des matières étrangères, en les englobant par des prolongements du protoplasma, et elles se meuvent dans une direction déterminée, par des déplacements successifs de ce même protoplasma.

Les cellules, qui ne possèdent pas de membranes d'enveloppe et présentent un protoplasma jouissant de mouvements amiboïdes, constituent l'organisme entier des animaux unicellulaires, nommés amibes. Chez l'homme, ce sont les cellules de l'embryon avant qu'elles aient pris une forme déterminée, les cellules de la moelle des os dans la couche de développement, les cellules mères que l'on rencontre dans les mêmes points, les globules blancs du sang.

Ces diverses cellules ont des propriétés physiologiques presque semblables, et peuvent toutes être regardées comme des cellules embryonnaires destinées, par suite de leur développement, à former les différents tissus. Elles commencent par s'entourer d'une membrane enveloppante de nature albuminoïde, facile à

isoler, soit par des moyens mécaniques soit par des dissolvants. Elles prennent ainsi une forme permanente, et concourent dès lors à la formation des tissus.

Suivant une autre théorie, les éléments anatomiques se développent dans des milieux organisés, liquides ou demi-liquides, ayant une existence distincte des parties qui les sécrètent, et nommés blastèmes. Les blastèmes ne doivent pas être confondus avec le plasma du sang. Ils diffèrent les uns des autres, et chacun d'eux sert à la génération d'un tissu différent.

TISSU CONJONCTIF

Le tissu conjonctif, un des plus répandus de l'organisme, porte différents noms, suivant les parties où il se rencontre : tissu conjonctif sous-cutané, sous-muqueux, sous-séreux ; il sert à consolider et à soutenir la charpente de nombreux viscères, etc.

Le tissu conjonctif est formé de faisceaux particuliers, de fibres élastiques, de cellules plates avec des noyaux, des globules blancs, et d'un plasma lymphatique.

Les faisceaux résultent d'un ensemble de fibrilles, soudées les unes aux autres par une substance qui paraît être de la myosine. Ils sont entourés par une membrane analogue au sarcolemme, et renflés, de place en place, par des fibres annelées ou spirales de Henle. Ces fibres ne se comportent pas avec les réactifs comme les fibres du tissu conjonctif, et ont sans doute une composition différente.

Le tissu conjonctif offre des variétés nombreuses,

tant au point de vue de l'entre-croisement des faisceaux que par rapport à sa texture. Il comprend les tendons, les ligaments, les fibro-cartilages, les membranes fibreuses et les aponévroses, le périnèvre, le périoste, les membranes séreuses, le derme, la pie-mère, les plexus choroïdes de l'œil, où il se trouve mêlé à de la mélanine, les enveloppes des cellules nerveuses, celles des vaisseaux, les ligaments et membranes du larynx, de la trachée, des bronches, du poumon, de l'œsophage, les ligaments jaunes de la colonne vertébrale, le ligament cervical des mammifères, la pulpe dentaire, etc.

Les fibrilles du tissu conjonctif sont composées de substance collagène; elles se dissolvent difficilement dans l'acide acétique, mais elles perdent leur aspect fibrillaire, par suite du gonflement des faisceaux qui deviennent clairs et transparents, tandis qu'apparaissent les fibres élastiques, les fibres nerveuses et les vaisseaux capillaires.

Les matières qui renferment la substance collagène sont gonflées par l'eau froide, se dissolvent dans l'eau bouillante, sans changer de poids, et donnent de la gélatine en passant, suivant quelques auteurs, par divers états intermédiaires. Seuls, les noyaux, les fibres élastiques et les capillaires restent sans se dissoudre. Le collagène, nommé aussi glutine, géline, se confond, par l'ensemble de ses propriétés, avec l'osséine qui existe dans les os, et sera décrite sous ce nom.

Tissu conjonctif muqueux. — Le tissu muqueux est une variété du tissu conjonctif dans laquelle le

plasma, au lieu de lymphe, ne contient que de la mucine. Il comprend, selon Frey, la gelée de Wharton, le bulbe dentaire, le tissu conjonctif non encore collagène de la vie fœtale et le corps vitré.

TISSU OSSEUX

Chez l'adulte et dans l'état normal, le tissu osseux ne se rencontre que dans les os, à l'exception d'une couche mince qui tapisse les racines des dents. Il existe à l'état de tissu compacte et de tissu spongieux.

Le tissu compacte se trouve dans la diaphyse des os longs, les métacarpiens, les phalanges, la clavicule, le maxillaire inférieur. Il est formé, de la périphérie au centre, par le périoste, le tissu osseux proprement dit, le canal médullaire et la moelle.

Périoste. — Le périoste est une membrane fibreuse qui entoure les os dans toute leur étendue, sauf au niveau des cartilages articulaires.

Tissu osseux. — *Coupe transversale de l'os.* — Sur une coupe transversale de l'os, on voit les coupes de canaux, dits canaux de Havers, entourés de lamelles osseuses disposées concentriquement. Au milieu des lamelles, on observe des corpuscules étoilés, rangés aussi d'une manière concentrique, desquels partent des canalicules fins, s'anastomosant les uns avec les autres, et nommés canalicules osseux. A la périphérie de l'os, on distingue une couche de lamelles osseuses qui entourent l'os dans son ensemble, comme les lamelles des canalicules les canaux de Havers. Des ca-

nalicules perpendiculaires à l'axe de l'os, traversent ces lames externes et vont s'ouvrir dans les canalicules parallèles à l'axe. On trouve, autour du canal médullaire, une disposition semblable des lamelles et des canalicules osseux.

Coupe longitudinale passant par l'axe de l'os. — Les canalicules de Havers apparaissent, suivant leur longueur, parallèles les uns aux autres, et reliés entre eux par des canalicules transversaux obliques. Il résulte de cette disposition que les canalicules de Havers forment un réseau dans tout l'intérieur de l'os; ils sont traversés par des vaisseaux auxquels ils servent de support.

Entre la surface externe des vaisseaux et la paroi des canalicules de Havers, on rencontre des cellules aplaties dans les petits canaux, des cellules adipeuses dans les gros.

Les corpuscules osseux qui apparaissent noirs, entourés de substance claire sur des os secs, conservés dans le baume de Canada, sont en réalité des cavités renfermant des cellules, ainsi que Virchow l'a démontré. Pour voir les noyaux de ces cellules, on abandonne un fragment d'os dans l'acide chromique (5 pour 1000) ou dans l'acide picrique saturé, jusqu'à ce que les sels calcaires soient dissous. Sur des coupes très-minces, colorées par le carmin, on aperçoit, en ajoutant de l'acide acétique, un noyau rond ou ovalaire coloré par le carmin. Les cellules osseuses président à la nutrition du tissu.

Dans le tissu spongieux, le système lamellaire est

remplacé par des lamelles et d'épaisses travées, dont la masse diminue de plus en plus.

La moelle contient des cellules adipeuses, des cellules plates du tissu conjonctif, des cellules rondes ayant en moyenne $0^{mm},12$, de grandes cellules contenant un plasma et des noyaux que M. Robin a reconnu comme des corps solides, et qu'il a décrit sous le nom de myéloplaxes.

La composition du tissu osseux est toute spéciale. Elle résulte de l'union d'une substance organique, l'osséine, et d'une matière calcaire incrustée, pour ainsi dire, dans la première. Zalesky trouva que le rapport entre la partie organique et la partie minérale est constante pour une même espèce animale, et ne varie que très-peu d'une espèce à l'autre.

	HOMME — Moyenne de 4 analyses.	BŒUF — Moyenne de 6 analyses.	TESTUDO GRÆCA. — Moyenne de 3 analyses.	COCHON D'INDE. — Moyenne de 2 analyses.
Matières minérales. .	65,44	67,98	63,05	65,30
— organiques. .	34,56	32,02	36,95	34,70

Cette disposition se reconnaît facilement, lorsqu'on traite un os par l'acide chlorhydrique étendu. Toutes les parties minérales se dissolvent, et il reste un tissu qui a les apparences de l'os primitif, mais qui n'est plus composé que de substance organique. Par la calcination, au contraire, celle-ci se détruit, et les parties minérales, qui subsistent seules, conservent encore la

forme et la première apparence du tissu osseux. Ces deux substances organique et minérale, ont l'une avec l'autre une relation intime. La manière dont elles sont unies est encore controversée; toutefois, les observations suivantes indiquent entre elles une espèce de combinaison. D'après M. Milne Edwards, elles sont toujours dans le rapport à peu près constant de 70 de matière minérale pour 30 de matière organique. De plus, lorsqu'on dissout séparément, la matière calcaire d'un os dans l'acide chlorhydrique faible, l'osséine dans l'eau chaude, et qu'on mêle ensuite les deux dissolutions, on ne peut plus précipiter un seul des éléments sans entraîner l'autre; ainsi le tannin précipite la matière gélatineuse et les phosphates; l'ammoniaque, les phosphates et la substance gélatineuse. L'osséine, même modifiée par la chaleur, est donc intimement unie à la matière calcaire.

On prépare l'osséine, d'après les indications de M. Fremy, en plongeant les os dans l'acide chlorhydrique étendu de neuf fois son volume d'eau; on renouvelle le liquide au bout de quelques jours, et on continue ce traitement, en faisant usage d'un acide de plus en plus faible, jusqu'à ce que les os deviennent mous, élastiques et transparents; on les lave alors à l'eau froide, puis à l'eau chaude, et lorsque l'eau de lavage ne précipite plus par l'azotate d'argent, on les traite par l'alcool et l'éther bouillant. L'osséine, à l'état humide, forme une masse élastique et légèrement colorée; séchée, elle durcit et devient cassante. Bouillie longtemps avec de l'eau, elle se modifie lentement,

et se dissout en se convertissant en gélatine. Cette transformation est rendue très-prompte en acidulant légèrement le liquide; elle s'opère, sans que l'osséine change de composition, et sans que son poids varie. Les os des embryons de veaux, d'après Schaw, de lapins, selon Hoppe, contiennent, dans la première période de leur vie fétale, une matière différente de l'osséine. Certains oiseaux d'eau renferment de même une substance qui ne donne pas de gélatine par l'ébullition avec l'eau.

Les ossements fossiles présentent une composition particulière. Ils possèdent, en général, une proportion plus grande de matière minérale, et d'après M. Scheurer-Kestner[1], outre l'osséine insoluble dans l'eau, ils contiennent une autre matière gélatineuse soluble. Des os trouvés dans le lehm, à Eguisheim, aux environs de Colmar, datant des premiers siècles de l'ère chrétienne, ont donné

	PARIÉTAL ROMAIN.	CHEVAL FOSSILE.	MAMMOUTH.
Osséine ordinaire. . . .	3,1	3,9	2,8
Osséine soluble.	12,8	9,3	8,9
Eau.	6,0	6,8	5,7
Silice.	3,5	0,3	12,4
Phosphate et carbonate de calcium.	74,4	79,3	70,1

Dans d'autres analyses sur des os d'une même origine, le rapport des matières collagènes a été

	MAMMOUTH.	URSUS SPELEUS.
Osséine ordinaire.	63,7	37,4
Osséine soluble.	36,3	62,6
100 parties de matières animales.	100,0	100,0

[1] *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 207, 1869.

Ces analyses prouvent que le rapport des osséines soluble et insoluble est différent dans chaque os fossile en particulier.

Gélatine. — La gélatine est le produit de l'action de l'eau sur les substances désignées sous le nom de collagène, glutine, géline, osséine.

On l'obtient en plaçant les os dans un autoclave ou marmite de Papin, et en les soumettant à l'action de la vapeur sous une haute pression. Le rendement est faible, ne s'élève qu'à 15 pour 100, et ne fournit qu'un produit altéré. Pour préparer la gélatine alimentaire, d'Arcet a construit un appareil dans lequel les os posés dans un cylindre à mailles grillées, sont en contact avec la vapeur maintenue à 100° ; on évite ainsi la production d'ammoniaque. Tous les déchets capables de donner naissance à de la gélatine sont utilisés dans l'industrie pour la fabrication de la colle forte.

La gélatine sèche est incolore ou jaunâtre, transparente en fragments minces, élastique, sans odeur ni saveur, inaltérable à l'air, plus pesante que l'eau, sans action sur les couleurs végétales, insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Elle est lévogyre, son pouvoir rotatoire à 30° est de — 130°. En présence d'alcali, ou d'acide acétique, il n'est que de 112. Au contact de l'eau froide, la gélatine se gonfle, devient translucide, acquiert une augmentation de poids d'environ 40 pour 100, et reste sans se dissoudre sensiblement dans ce liquide. Cette gelée se dissout dans l'eau chaude ; la solution aqueuse est précipitée par l'alcool,

sous la forme d'une masse blanche et agglomérée.

Lorsqu'on maintient longtemps à l'ébullition une solution de gélatine, elle perd peu à peu la propriété de se prendre en gelée par le refroidissement. La composition de la gélatine est représentée par les chiffres suivants, d'après l'analyse de M. Fremy.

Carbone.	50,0
Hydrogène.	6,5
Azote.	17,5
Soufre, environ.	0,56

M. Hunt remarque qu'en ajoutant aux éléments de l'ammoniaque la formule de la cellulose ou de l'amidon et en retranchant les éléments de l'eau, on a sensiblement la composition de la gélatine.

$$\underset{\text{Cellulose.}}{C^6H^{10}O^5} + 2AzH^3 = \underset{\text{Gélatine.}}{C^6H^{10}Az^2O^2} + 3H^2O$$

Gerhardt, à l'appui de cette opinion, dit que la colle de poisson se transforme, par une ébullition prolongée avec l'acide sulfurique étendu, en sulfate d'ammoniaque et en substance sucrée capable de fermenter sous l'influence de la levûre, en produisant de l'alcool et de l'acide carbonique.

L'acide sulfurique concentré dissout à froid la gélatine en la décomposant, et la solution étendue d'eau donne, par l'ébullition, de la leucine, du glycocolle, etc. Aucun acide ne la précipite de ses solutions ; l'acide acétique la dissout, et l'addition de ferrocyanure de potassium n'amène aucun trouble dans la solution. Le tannin la sépare complétement, et forme, soit des flocons caillebotés, soit une masse molle, élas-

tique, imputrescible, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, soluble à chaud dans une lessive de potasse. 1/5000me de gélatine est encore accusé par l'addition d'infusion de noix de galle.

Les alcalis aqueux ne troublent pas la solution de gélatine. Bouillie longtemps avec une lessive concentrée de potasse, elle donne du glycocolle, de la leucine, etc. Une dissolution de gélatine dissout beaucoup plus de chaux et de phosphate de calcium que n'en dissout l'eau pure.

L'alun est sans action sur la gélatine dissoute; l'addition d'une petite quantité d'alcali amène un précipité contenant de la gélatine et du sous-sulfate d'alumine.

Le bichlorure de mercure en excès, le bichlorure du platine, la précipitent.

L'acétate neutre et basique de plomb, le sulfate de cuivre, ne la troublent pas. Dans ce dernier cas, la solution verte devient violette par l'addition de potasse; l'ammoniaque la colore en bleu; le phosphate de sodium n'en précipite pas le cuivre.

Analyse des os. — Avant d'être soumis à l'analyse, les os doivent être séparés avec le plus grand soin des parties étrangères, telles que le périoste, la membrane médullaire, puis réduits en poudre fine, et débarrassés complétement des matières grasses par des traitements à l'alcool et à l'éther. Une meilleure méthode consiste à enlever la moelle et le périoste d'un os frais, et, avant toute dessiccation, de l'abandonner dans l'eau à la fermentation putride; après un temps suffisant, toutes

les matières organiques sont détruites, sauf l'osséine.

Pour doser l'osséine, on ajoute à la poudre d'os de l'acide chlorhydrique faible, et quand les sels terreux sont dissous, on lave avec de l'eau jusqu'à la disparition de toute réaction acide ; on fait bouillir l'osséine avec de l'eau dans une cornue, ou, ce qui est préférable, on la maintient pendant plusieurs jours, avec de l'eau, dans un ballon scellé à la lampe et placé dans un bain-marie chauffé à 100° ; on filtre la dissolution bouillante, on lave à l'eau bouillante ; on concentre le liquide filtré dans un bain-marie ; on sèche à 100°, et on pèse.

Dosage des cendres. — La poudre d'os desséchée à 130°, bien privée de matières grasses, est brûlée dans une capsule de platine, jusqu'à ce que les cendres soient devenues complétement blanches ; on ajoute du carbonate d'ammonium, et on calcine de nouveau au rouge sombre, pour restituer aux cendres l'acide carbonique perdu dans la première calcination. On détermine ainsi la quantité respective des matières organiques et terreuses contenues dans les os.

Les cendres, réduites en poudre fine, sont traitées par l'eau bouillante tant qu'elles précipitent par l'azotate d'argent. On a ainsi la quantité de chlorures solubles de potassium et de sodium. Le résidu est dissous dans l'acide azotique, et l'addition d'azotate d'argent donne un précipité de chlorure d'argent correspondant au poids des chlorures insolubles. Dans le liquide filtré, on ajoute du chlorure d'ammonium pour enlever l'excès d'argent ; on sature par l'ammoniaque,

on ajoute de l'acide acétique jusqu'à disparition complète du précipité ; on précipite la chaux par l'oxalate d'ammonium, la magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien en saturant le liquide filtré par l'ammoniaque, et enfin l'acide phosphorique en excès par une dissolution ammoniacale d'un sel de magnésie.

Pour doser l'acide carbonique, on place les os pulvérisés et calcinés dans un ballon fermé par un bouchon percé de deux ouvertures; l'une donne passage à un tube recourbé qui peut s'unir soit à un entonnoir, et permet alors d'introduire de l'acide sulfurique, soit à un tube rempli de chaux sodée, par lequel l'air atmosphérique pénètre dans l'appareil complétement exempt d'acide carbonique ; l'autre est traversé par un tube relié à une série de tubes en U, pesés, remplis de chlorure de calcium, de chaux sodée, et destinés à absorber l'eau et l'acide carbonique. Dès qu'on fait tomber quelques gouttes d'acide sulfurique dans l'appareil, l'acide carbonique se dégage ; puis, quand la réaction est terminée, on aspire pour entraîner tous les gaz restant dans le ballon. L'excès de poids des tubes contenant de la chaux sodée indique la quantité d'acide carbonique.

Dosage du fluor. — Le dosage du fluor repose sur ce fait connu, que l'acide sulfurique n'attaque pas le verre, tandis qu'un mélange d'acide sulfurique et d'acide fluorhydrique le dissout rapidement, en formant du fluorure de silicium. On remplit un creuset de platine avec des fragments de verre, on chauffe au rouge et on pèse ; on verse les fragments de verre sur une

lame de verre, on met dans le creuset 2 ou 3 grammes d'os pulvérisés et calcinés, et on les recouvre avec les fragments de verre ; on ajoute ensuite de l'acide sulfurique, jusqu'à ce que toute la poudre en soit imprégnée ; après quelque temps, on en verse encore, de telle sorte que toute la masse solide soit recouverte d'acide ; on place le creuset sur un bain de sable, on le recouvre avec une cloche tubulée qui communique, par un tube rempli de chlorure de calcium, à un aspirateur qui introduit seulement de l'air sec ; on chauffe le bain de sable à 100°, on abandonne pendant quatre à cinq jours l'appareil refroidi ; on introduit de l'air sec ; on chauffe de nouveau le bain de sable jusqu'à l'apparition de vapeurs d'acide sulfurique, et on laisse refroidir dans l'air sec ; on verse le contenu dans un vase plein d'eau, on lave bien la poudre de verre, on la calcine lorsqu'elle est desséchée, et on la pèse après le refroidissement. On reconnaît ainsi que les fragments de verre ont éprouvé une perte de poids qui correspond à la quantité de fluor contenu dans les os.

Zalesky, à qui on doit les analyses des os les plus récentes, a trouvé :

1° Que, sauf la carapace du *testudo græca*, tous les os contiennent du chlore engagé dans une combinaison insoluble dans l'eau froide (chlorure de calcium combiné au phosphate de calcium, comme dans l'apatite) ;

2° Que les proportions respectives de chaux, de magnésie, d'acide phosphorique, d'acide carbonique, de fluorure de calcium et de chlorure de calcium, contenues dans la partie minérale, sont presque les mê-

mes chez l'homme et chez les animaux sur lesquels l'examen a porté. Les différences sont de l'ordre des erreurs d'observation.

100 grammes de cendres contiennent :

	HOMME.	BŒUF.	TESTUDO GRÆCA.	COCHON D'INDE.
Acide carbonique	5,754	6,197	5,276	»
Chaux	52,965	53,887	52,396	54,025
Magnésie	0,521	0,468	0,565	0,483
Acide phosphorique	39,019	40,034	38,672	40,381
Chlore	0,183	0,200	»	0,133
Fluor	0,229	0,300	0,204	»

Ces nombres peuvent être traduits comme il suit :

	HOMME.	BŒUF.	TESTUDO GRÆCA.	COCHON D'INDE.
Phosphate de magnésie tribasique.	1,0392	1,0237	1,3568	1,0545
Phosphate de chaux tribasique.	83,8886	86,0961	85,9807	87,3791
Chaux combinée à l'acide carbonique, fluorhydrique et chlorhydrique	7,6475	7,3569	6,3118	7,0269

TABLEAU REPRÉSENTANT LA COMPOSITION DES OS.

	BIBRA.		FRERICHS.			
	FÉMUR SUBSTANCE COMPACTE.	FÉMUR SUBSTANCE SPONGIEUSE.	SUBSTANCE COMPACTE.	SUBSTANCE COMPACTE.	SUBSTANCE SPONGIEUSE.	SUBSTANCE SPONGIEUSE.
Matières minérales	68,53	64,18	68,5	69,5	61,8	62,6
Matières organiques	31,47	35,82	31,5	30,5	38,2	37,4
Phosphate et fluorure de calcium	58,23	42,82	58,7	59,5	50,2	51,4
Carbonate de calcium	8,35	19,37	10,1	9,4	11,7	10,9
Phosphate de magnésium	1,03	1,00	»	»	»	»
Sels solubles	0,92	0,99	»	»	»	»
Osséine	31,47	35,82	31,5	30,5	38,2	37,4

TABLEAU REPRÉSENTANT LA COMPOSITION DES OS.

	HEINTZ. — Fémur d'une femme.	BIBRA. Homme de 25 a 50 ans. Fémur.	BIBRA. Homme de 25 a 50 ans. Humérus.	BIBRA. Homme de 25 a 50 ans. Os occipital.	BIBRA. Femme de 25 ans. Métacarpien.	BIBRA. Femme de 25 ans. Clavicule.	BIBRA. Enfant de 2 mois. — Atlas.
Matières organiques.	28,76	31,05	30,56	31,27	31,12	32,49	35,92
Matières terreuses.	71,24	68,97	69,44	68,78	68,88	67,51	64,08
Phosphate de calcium.	60,13	59,63 (phosphate et fluorure)	59,87 (phosphate et fluorure)	58,43 (phosphate et fluorure)	57,77 (phosphate et fluorure)	56,53 (phosphate et fluorure)	56,35 (phosphate et fluorure)
Fluorure de calcium.	3,52						
Carbonate de calcium.	6,36	7,33	7,76	8,00	8,92	8,88	6,06
Phosphate de magnésium.	1,25	1,32	1,09	1,40	1,58	1,69	1,00
Chlorure de sodium.	»	0,69	0,72	0,90	0,61	0,59	1,65
Matières grasses.	»	1,53	1,28	1,35	1,89	1,83	1,01
Osséine.	28,76	29,70	29,28	29,92	29,23	30,66	34,92

De nombreuses recherches ont été entreprises pour déterminer les modifications que les os éprouvent sous l'influence des variations de nourriture.

M. Roussin a pu remplacer les parties constituantes des os par des substances isomériques ; par exemple, le phosphate de calcium par l'arséniate de calcium. Gusservow dit avoir trouvé du plomb dans les os, lors des empoisonnements chroniques par ce métal. Chaussat, Bibra, Falk ont étudié l'influence des sels calcaires. Des poules furent nourries, pendant plusieurs semaines, les unes avec une alimentation calcaire ; les autres en furent privées ; les os des premières donnèrent à l'analyse un excès de matière calcaire et une diminution relative de matières organiques. Zalesky[1] a repris ces dernières expériences et est arrivé à des résultats opposés. Des animaux qui prenaient dans leurs aliments, les uns un excès de phosphate de sodium, les autres un excès de chaux, n'ont pas présenté de différence dans la composition de leurs os.

La composition des os change dans certaines maladies. Dans l'ostéomalacie, le ramollissement du tissu osseux commence et s'étend progressivement, à partir des parois des cellules et des canaux riches en vaisseaux. On peut donc supposer que le tissu osseux perd ses sels calcaires sous l'influence d'un acide. Suivant Marchand, Schmidt et Otto Weber, ce rôle serait dévolu à l'acide lactique. Dans deux cas pronon-

[1] Zalesky aus Charkow, *Ueber die Zusammensetzung der Knochen der Menschen* (*Med.-chem. Untersuchungen*, S. 19, 1866).

cés d'ostéomalacie, 100 parties de tissu humide ont fourni à Otto Weber[1]:

Lactate de calcium.	0,207	51,260
Acide lactique libre.	1,312	
Eau et substances solubles. . .	49,997	
Matière grasse.	23,400	23,389
Poudre osseuse sèche.	25,083	25,223
Formée de :		
Carbonate de calcium.	1,976	1,757
Phosphate de calcium.	8,977	7,350
— de magnésium. . .	0,987	0,079
Substance minérale. . . .	11,940	9,446
— organique. . .	13,153	15,776

Il résulte de là que la quantité de phosphate de calcium est notablement inférieure à la proportion normale.

Dents. — La dent est composée de trois espèces de tissus : l'enveloppe de la racine ou cément, une substance interne, ivoire ou dentine, recouverte par une couche externe, l'émail.

L'ivoire contient de l'eau, 10 pour 100, suivant quelques auteurs ; sa dureté est supérieure à celle de l'os ; sa structure à peu près semblable. Il est formé par une substance organique gélatineuse, durcie par des matières inorganiques, en proportion beaucoup plus considérable que dans le tissu osseux. La substance fondamentale est une substance collagène, sans mélange de chondrine. Les matières minérales sont du phosphate de calcium, une petite proportion de carbonate de calcium, des quantités plus faibles encore

[1] *Arch. für patholog. Anat. und Phys.*, von Virchow, t. XXXVIII.

de fluorure de calcium et de phosphate de magnésium, des traces de divers sels, de matières organiques, de matières grasses.

Le cément est moins dur que la dentine et contient une plus faible proportion de substances organiques, 29, 43 pour 100 de substances organiques, et 70, 58 pour 100 de matières minérales, d'après Bibra.

L'émail a une structure spéciale; il forme une masse très-dure, composée presque exclusivement de matières minérales unies à des matières organiques, dont le poids s'élève à peine de 2, 5 à 6 pour 100, et une très-petite proportion d'eau.

Bibra a donné les analyses suivantes :

	IVOIRE.		ÉMAIL.	
Cartilage.	27,61	20,42	3,39	5,97
Corps gras.	0,40	0,58	0,20	Traces.
Phosphate de calcium et fluorure de calcium. .	66,72	67,54	89,82	81,63
Carbonate de calcium. . .	5,36	7,97	4,37	8,88
Phosphate de magnésium.	1,08	2,49	1,34	2,55
Autres sels.	0,83	1,00	0,88	0,97

Produits anormaux. — Les dents sont souvent le siége de dépôts gingivo-dentaires composés, d'après M. Robin, de mucus solide passé à l'état grenu, de leucocytes, d'une algue du genre *Leptothrix*, de vibrions, *bacterium termo*, *vibrio bacillus* (Ehr). Ces dépôts sont le point de départ de fermentations qui se produisent dans la bouche en donnant naissance aux acides lactique, butyrique, lesquels, en réagissant

sur les sels calcaires qui entrent dans la composition des dents, sont, d'après M. Magitot, la cause première de la carie de ces organes.

TISSU CARTILAGINEUX

Les cartilages se divisent en *cartilages articulaires* qui recouvrent les extrémités des os, et en *cartilages membraniformes* qui protégent les cavités dont ils consolident les parois. Ils sont *transitoires* quand ils ne s'observent que pendant la vie fœtale; *permanents*, lorsqu'ils persistent pendant toute la vie. On distingue diverses variétés de cartilages : 1° Les *cartilages hyalins*, formés d'une substance fondamentale homogène et vitreuse, paraissant clairs et transparents en couches minces, blanc bleuâtre en couches épaisses. Ils comprennent, chez le fœtus, toutes les parties du squelette qui sont représentées par du tissu cartilagineux, et chez l'adulte, les cartilages articulaires du nez, en partie ceux du larynx, les anneaux de la trachée et des bronches, les cartilages costaux, l'appendice xyphoïde, une portion des ligaments intervertébraux. 2° Les *cartilages réticulés* ou *élastiques*, qui possèdent une coloration jaune et une grande opacité, et renferment des fibres élastiques en proportion variable; ils forment l'épiglotte, les cartilages de Santorini et de Wrisberg, la portion cartilagineuse de la trompe d'Eustachi, les cartilages de l'oreille, et en partie les cartilages arythénoïdes et les ligaments jaunes, etc. 3° Les *cartilages à substance fondamentale*

fibreuse, qui concourent à la formation des articulations; ils ont une teinte jaune, et l'aspect de tissu conjonctif résistant, dans les cavités duquel seraient venues se placer des cellules cartilagineuses; ils renferment en plus des fibres élastiques; ils s'observent dans les cartilages tarses, intercellulaires des tendons, les symphyses, les amphiarthoses, les ligaments vertébraux, etc.

Examiné au microscope, le tissu cartilagineux se présente sous l'aspect d'une substance fondamentale hyaline, transparente en couches minces, et de cellules contenant des noyaux avec des nucléoles accompagnés quelquefois des corpuscules de graisse. Les cellules sont enveloppées par une capsule transparente. Quelques cartilages possèdent également des vaisseaux.

La substance fondamentale a pour propriété caractéristique de se transformer en chondrine par une ébullition prolongée. Les capsules subissent plus facilement encore une décomposition semblable; elles disparaissent les premières, lorsqu'on fait bouillir les cartilages avec de l'eau.

Les cellules traitées par l'eau se déforment et reviennent sur elles-mêmes. Par l'emploi de diverses substances, telles qu'une solution d'acide picrique, on les conserve inaltérées, et on voit apparaître nettement les noyaux. Les cellules ont une composition encore mal déterminée, et différente probablement de celle de la substance fondamentale. Lorsqu'on traite[1]

[1] Ranvier, note dans Frey, *Histologie*, p. 196.

un cartilage par une solution étendue d'iodure de potassium ioduré, on leur voit prendre une teinte bleu rougeâtre, visible surtout près des points d'ossification où la nutrition est très-active, ce qui semble indiquer la présence d'une matière amyloïde dans le contenu des cellules (protoplasma). Selon Schultze, les cellules se colorent en rouge, quand on les traite par le sucre et l'acide sulfurique. Elles résistent beaucoup plus longtemps que la substance fondamentale à l'action de l'eau bouillante, et ne paraissent pas se ranger parmi les substances chondrinogènes. Virchow a pu isoler les cellules en faisant macérer les cartilages dans l'acide chlorhydrique.

Les cartilages, surtout les cartilages hyaliens, subissent pendant leur développement des transformations physiologiques qui peuvent atteindre la cellule ou la substance fondamentale. Ce sont : l'*infiltration graisseuse*, caractérisée par la présence de gouttelettes graisseuses dans le corps de la cellule ; la *calcification*, qui consiste dans le dépôt de sels calcaires dans les cellules, les capsules, ou la masse fondamentale elle-même. Cette modification du cartilage diffère de l'ossification et ne doit pas être confondue avec elle. Le *ramollissement* se produit sur le cartilage calcifié et sur le cartilage normal.

Chondrine. — La chondrine ressemble à la gélatine par l'ensemble de ses caractères ; elle en diffère, parce que les acides et la plupart des sels métalliques la précipitent.

On obtient la chondrine en réduisant les cartilages

costaux d'homme ou de veau en morceaux très-minces, et en les faisant bouillir avec de l'eau pendant environ quarante-huit heures; la dissolution filtrée est ensuite évaporée en consistance gélatineuse, et le résidu est traité par l'éther bouillant en excès, pour lui enlever les matières grasses. On la prépare plus rapidement en faisant digérer les cartilages dans une marmite de Papin, chauffée à 120°, en précipitant par l'acide acétique, et en épuisant le produit par l'alcool et l'éther.

Desséchée, la chondrine se présente comme une masse diaphane, dure, cornée, qui se ramollit dans l'eau et s'y prend en gelée. Elle est entièrement soluble, soit après une ébullition très-prolongée, soit lorsqu'elle est maintenue quelque temps avec de l'eau à 140°, soit enfin par l'action des solutions alcalines.

Les acides sulfureux, pyrophosphorique, fluorhydrique, carbonique, arsénique, acétique, tartrique, oxalique, citrique, succinique, forment avec la chondrine un précipité insoluble dans un excès; les acides minéraux la précipitent, et la redissolvent quand on continue à ajouter de l'acide.

La plupart des sels métalliques de plomb, de fer, de cuivre, d'argent, l'alun, précipitent la chondrine. Ces caractères établissent une différence avec la gélatine; par contre, le sublimé, qui précipite la gélatine, ne trouble pas les solutions de chondrine.

Schultze prétend que la substance chondrinogène, traitée longtemps par les acides étendus, surtout à l'aide de la chaleur, fournit une substance qui pré-

sente les caractères de la gélatine. Cette réaction est contestée : quand on enlève complétement l'acide par des lavages à l'ammoniaque étendue, on trouve encore la chondrine inaltérée.

Par ses produits de décomposition, la chondrine s'éloigne encore de la gélatine. Après une ébullition prolongée avec les acides aussi bien qu'avec les alcalis, elle ne donne pas de glycocolle, mais de la leucine[1].

La chondrine dévie vers la gauche la lumière polarisée, le chiffre qui représente cette déviation n'est pas constant. De Bary constata que la plus petite quantité de soude, ajoutée pour rendre la substance claire, suffit pour modifier le pouvoir rotatoire.

Bœdeker et Fischer observèrent que la chondrine traitée par l'acide chlorhydrique donne naissance à une glucose particulière, et à d'autres produits de nature azotée. Pour isoler le sucre, on fait bouillir la dissolution avec de la litharge, on sépare par filtration le chlorure de plomb, et on ajoute au liquide de l'acétate basique de plomb et de l'ammoniaque; on recueille le précipité, on le décompose par l'hydrogène sulfuré, et on obtient la matière sucrée par évaporation. Meissner vit une transformation semblable de la chondrine, se produire sous l'influence du suc gastrique. La simple comparaison des formules porta Bœdeker à faire la supposition, très-contestable, que

[1] Otto, *Ueber das Verhalten des Chondrins beim Kochen mit Schwefelsaure und Barytwasser* (*Annalen der Chemie*, B. CXLIX. S. 119. 1869).

les matières azotées qui accompagnent la formation du sucre se composent d'acide glycocholique et d'urée.

D'après de Bary[1], le sucre fourni par les cartilages est un sucre particulier, la chondroglucose. Ce sucre dévie vers la gauche la lumière polarisée, ce qui le distingue de la glucose, et la déviation ne varie pas d'une manière sensible quand la température change. Il cristallise difficilement ; il éprouve avec peine la fermentation alcoolique. Cette fermentation n'est jamais complète, et laisse toujours une quantité de sucre inaltéré, déviant à gauche la lumière polarisée d'une quantité précisément égale à la moitié de celle que le sucre produisait primitivement. La partie non fermentescible réduit parfaitement les sels de cuivre en solution alcaline. Le sucre provenant de la chondrine forme avec la chaux une combinaison facilement soluble dans l'eau.

Ces réactions montrent une grande analogie entre ce sucre et le mélitose qui, comme lui, se divise en deux sucres particuliers, l'un fermentescible, l'autre qui ne l'est pas ; mais les expériences tentées jusqu'à présent ne permettent pas de conclure encore à l'identité de ces deux sucres d'origine si différente.

Cornée. — La cornée est formée par une substance solide, chondrinogène, et deux substances albuminoïdes.

On transforme facilement la cornée en chondrine. On la divise en petits fragments que l'on chauffe à

[1] De Bary, *Medicinisch-chemische Untersuchungen*, S. 71.

100° avec un peu d'eau distillée. On obtient un liquide clair, opalescent, faiblement coloré en jaune, qui, d'après P. Bruns [1], jouit de la plupart des caractères de la chondrine. Il dévie la lumière polarisée dans le même sens, et d'un même nombre de degrés. Bouilli avec de l'acide chlorhydrique concentré, il produit de la chondroglucose ; il donne avec l'acide acétique un précipité insoluble dans un excès, soluble par l'addition de sels alcalins; avec l'acide chlorhydrique étendu, un précipité soluble dans un excès, ou par l'addition de carbonate de sodium ; avec une dissolution d'alun, un précipité insoluble dans un excès. Toutes ces réactions sont celles de la chondrine, sauf la dernière ; la chondrine, en effet, est soluble dans un excès d'alun.

Une des substances albuminoïdes contenues dans la cornée est formée par du protoplasma, lequel, d'après Kühne, est identique avec la substance coagulable des muscles, la myosine. Pour l'obtenir, Bruns trempe la cornée pendant vingt-quatre heures dans une solution saturée de chlorure de sodium, lave avec la même solution, comprime le résidu, et le laisse pendant vingt-quatre heures en contact avec un peu d'eau distillée. Il obtient un liquide qui donne, par l'addition d'une grande quantité d'eau distillée, un précipité soluble dans les solutions faiblement concentrées de sel marin, 10 pour 100, et, dans l'acide chlorhydrique étendu, 1 pour 1000. Dans ce dernier cas, la myosine

[1] *Chemische Untersuchungen über die Hornhaut des Auges* (*Med.-chem. Untersuchungen*, S. 260).

se transforme en syntonine; elle ne précipite plus par le carbonate de sodium, et est insoluble dans le sel marin.

L'autre substance albuminoïde ne paraît être qu'un albuminate alcalin qui se trouve à l'état de dissolution, et fait partie du liquide intercellulaire de la cornée. On l'extrait par simple macération dans l'eau.

TISSU ADIPEUX

Très-répandu sur certains points du corps, le tissu adipeux se trouve surtout accumulé dans le tissu conjonctif sous-cutané; il augmente d'épaisseur et devient très-abondant dans certaines régions; il enveloppe les viscères, etc. Il est formé de grosses cellules rondes de $0^{mm},022$ à $0^{mm},09$ de diamètre. Ces cellules présentent une membrane d'enveloppe très-mince, une couche interne de protoplasma épaissi sur un point, contenant un noyau, et un contenu de matières grasses solides et liquides. La membrane d'enveloppe reste à l'état insoluble quand on traite les graisses par un alcali, ou l'éther. Les matières grasses sont la tristéarine et la tripalmitine, maintenues en dissolution dans la trioléine, et quelquefois des cristaux de margarine. La proportion respective de ces substances est variable et amène des changements dans le point de fusion des corps gras naturels.

On trouve encore quelquefois, dans l'économie, la myristine, la capronine, la caprine, la capryline, la butyrine.

Tripalmitine $\left.\begin{matrix}C^3H^5\\(C^{16}H^{31}O)^3\end{matrix}\right\}O^3$. — Elle se trouve dans la graisse humaine, la cire du Japon, les grains de café, l'huile de palme. Elle présente trois points de fusion différents qui répondent à trois modifications isomériques. Elle fond à 46 — 61,7 — 62,8. Elle se solidifie à 45,5.

L'acide palmitique $\left.\begin{matrix}C^{16}H^{31}O'\\H,\end{matrix}\right\}O$ a été découvert dans le savon d'huile de palme. Pour l'extraire de la graisse humaine, on la saponifie par la soude ; on décompose le savon par l'acide chlorhydrique ; on sépare l'acide oléique liquide des acides solides ; on dissout dans l'alcool chaud ; on précipite avec une solution alcaline d'acétate de baryte ; on décompose le sel de baryte avec l'acide chlorhydrique chaud, et on fait recristalliser dans l'alcool l'acide palmitique précipité. Il se dépose en paillettes brillantes qui fondent à 58°.

Tristéarine $\left.\begin{matrix}C^3H^5\\(C^{18}H^{35}O)^3\end{matrix}\right\}O^3$. — La tristéarine existe dans presque toutes les graisses solides et dans plusieurs huiles végétales. Sa proportion est d'autant plus grande dans les corps gras que leur point de fusion est plus élevé. On l'extrait du suif de mouton. On chauffe le suif avec huit ou dix fois son volume d'éther. Ce liquide retient en dissolution la margarine, l'oléine et un peu de stéarine ; la plus grande partie de cette dernière substance reste sous forme de masse grenue. On la comprime, et on la fait recristalliser dans l'éther, jusqu'à ce que

son point de fusion soit devenu constant à 61 ou 62°.

La stéarine est blanche, inodore, insipide, très-combustible, insoluble dans l'eau ; l'alcool bouillant en dissout le septième de son poids, et n'en retient que très-peu à froid. Elle est très-soluble dans l'éther. Elle a, d'après M. Heintz, deux points de fusion, un transitoire vers 55°, l'autre définitif à 71°,6. Ce point de fusion est très-variable. Une stéarine fusible à 63°, et chauffée à 64 ou à 65°, se solidifie à 61°, et fond de nouveau à 66°,5. Cette même stéarine, fondue à 63°, lorsqu'on la chauffe à 68 ou 70°, se solidifie à 51°, et fond de nouveau à 52°. Ces changements sont dus à des modifications isomériques. Elle se décompose, par la saponification avec de la potasse, en glycérine et en acide stéarique. On traite ensuite le stéarate de potasse par un acide ; l'acide stéarique insoluble se dépose, et on le purifie par des cristallisations dans l'alcool.

L'acide stéarique $\left.\begin{matrix} C^{18}H^{35}O \\ H \end{matrix}\right\} O$ est blanc ; il cristallise par fusion en aiguilles brillantes, soluble en toutes proportions dans l'alcool et dans l'éther. Il fond à 69°,2.

Trioléine $\left.\begin{matrix} C^{3}H^{5} \\ (C^{18}H^{33})^{3} \end{matrix}\right\} O^{3}$. — La trioléine existe dans les graisses, et surtout dans les huiles. Elle dissout facilement la stéarine et la palmitine. Ce mélange représente la constitution de la plupart des corps gras naturels. On obtient l'oléine en traitant les matières grasses par l'alcool bouillant, qui abandonne par le refroidissement la stéarine et la palmitine, et retient l'oléine.

L'oléine est incolore; liquide à la température ordinaire, elle devient jaune dans l'air humide, soluble dans l'alcool et l'éther. Elle se saponifie par les alcalis, en donnant de la glycérine et de l'acide oléique.

L'acide oléique $\left.\begin{matrix}C^{18}H^{33}O\\H\end{matrix}\right\}O$ est liquide, incolore, insipide, inodore, insoluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool, soluble en toutes proportions dans l'éther. Il dissout les matières grasses solides, l'acide stéarique, etc. Chauffé, il absorbe de l'oxygène en dégageant de l'acide carbonique. Décomposé par la chaleur, il donne des carbures d'hydrogène, des acides volatils et de l'acide sébacique.

Trimargarine $\left.\begin{matrix}C^{3}H^{5}\\(C^{18}H^{33}O)^{3}\end{matrix}\right\}O^{3}$. — La trimargarine est une combinaison de glycérine et d'acide margarique. Cet acide, d'après M. Chevreul, existe dans presque tous les corps gras. On l'obtient en saponifiant l'huile d'olive par l'oxyde de plomb. Il se forme un savon composé d'oléate et de margarate de plomb. On le divise, et on l'épuise par l'éther; l'oléate de plomb se dissout, le margarate de plomb reste comme une poudre blanche, insoluble. En décomposant ce dernier par l'acide chlorhydrique chaud, on sépare l'acide margarique, que l'on purifie par des cristallisations dans l'alcool bouillant. L'existence de l'acide margarique, et, par suite, des margarines, a été contestée par Heintz, qui le regarde comme un mélange d'acide stéarique et palmitique. Cependant Becker paraît l'avoir obtenu artificiellement, en décomposant par la

potasse le cyanure de cétyle $C^{16}H^{33}CAz$, ce qui implique l'existence réelle des margarines.

Séparation des matières grasses. — Les matières grasses se reconnaissent surtout à leur insolubilité dans l'eau, et leur solubilité dans l'éther. Quand elles sont simplement en suspension, il suffit, pour les extraire, d'agiter le liquide avec l'éther, et de décanter la couche éthérée. Quelquefois il est préférable d'évaporer les solutions ou de dessécher les tissus dans un bain-marie, de réduire en poudre le résidu, d'épuiser par l'éther, puis par l'alcool, d'évaporer ensuite l'extrait alcoolique, et de le reprendre par l'éther. Le résidu de l'évaporation des solutions éthérées contient les matières grasses, les acides gras libres, la cholestérine. Pour séparer les acides gras, on ajoute du carbonate de sodium, et on maintient quelques heures à l'ébullition; les acides se saturent, les matières grasses et la cholestérine restent inaltérées; on les dissout dans l'éther. On peut abandonner l'éther à l'évaporation spontanée et séparer les cristaux de cholestérine, faciles à reconnaître; il vaut mieux saponifier le mélange, en le chauffant pendant quelques heures au bain-marie, avec de la potasse alcoolique, et reprendre par l'éther, qui dissout seulement la cholestérine; puis extraire de la solution alcoolique l'acide gras et la glycérine.

TISSU NERVEUX

Le tissu nerveux comprend, chez l'homme, le cerveau, la moelle épinière, les ganglions nerveux et les

nerfs. Il est composé de cellules et de tubes nerveux.

Les cellules nerveuses se rencontrent dans la substance grise de l'axe cérébro-spinal, les ganglions céphalo-rachidiens, les ganglions du grand sympathique. Elles ont de $0^{mm},09$ à $0^{mm},018$ de diamètre. Elles envoient des prolongements qui les font communiquer les unes avec les autres et avec le cylindre de l'axe. Elles n'ont pas de membrane d'enveloppe, et possèdent un noyau et un nucléole; duquel partent des prolongements qui se rendent dans les ramifications de la cellule. Elles contiennent des granulations plus ou moins abondantes, dont l'ensemble donne à la substance grise sa couleur particulière.

Les tubes nerveux sont formés de plusieurs parties: 1° une membrane externe, gaîne de Schwann, enveloppe extrêmement mince de tissu conjonctif, renfermant des noyaux, lesquels apparaissent entourés de protoplasma ; 2° la myéline, substance médiane, homogène, demi-liquide, réfractant fortement la lumière. Elle s'écoule souvent par l'orifice de section des tubes, au moment même où le nerf vient d'être séparé chez l'animal vivant, et forme des masses à double contour, arrondies, ovales, etc. Elle se gonfle dans l'eau, se dissout dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, l'essence de térébenthine. L'acide chromique la colore en jaune: l'acide sulfurique, d'abord en rouge, puis en violet ; elle est principalement formée de lécithine, de cérébrine, de leurs produits de décomposition ; 3° le cylindre de l'axe, *cylinder axis*, filament central, un peu aplati, élastique, diaphane,

semblable à un fil de cristal pendant la vie, paraissant formé de granulations extrêmement fines après la mort. Partie essentielle du nerf, il ne manque jamais, même quand les couches extérieures font défaut.

Les tubes nerveux contenant de la myéline diffèrent entre eux par leur grosseur ; on les a divisés en tubes larges et en tubes minces. On trouve dans le grand sympathique d'autres fibres, dites de Remak, qui sont sans myéline et constituées seulement par le névrilème et le cylindre de l'axe.

Cerveau. — Vauquelin reconnut dans le cerveau, le cervelet, la moelle épinière et les nerfs, une matière grasse, blanche, d'aspect cristallin, contenant 25 pour 100 de son poids de phosphore, soit 1 pour 100 du poids de la substance cérébrale fraîche. Lassaigne donna le nom de cérébrine à la matière blanche graisseuse du cerveau. Couerbe crut trouver dans cet organe quatre produits gras différents. MM. Fremy, Gobley, Valenciennes, fixèrent l'attention sur la grande diffusion de la substance cérébrale dans tout l'organisme, et constatèrent sa séparation en acide oléique et acide phosphoglycérique. M. Fremy regarda ces combinaisons grasses comme formées par de l'acide oléophosphorique, tandis que M. Gobley distingua deux matières grasses phosphorées, la lécithine, et une matière non phosphorée, la cérébrine. Liebreicht isola depuis une substance qu'il nomma protagon. Il l'extrait en épuisant le cerveau, bien privé de sang, à l'aide d'injections dans les carotides avec l'éther et l'eau à 0°. L'éther enlève la cholestérine, l'eau les parties solu-

bles. En traitant la masse restante par l'alcool à 85, chauffé à 45°, le protagon se dissout et se dépose par le refroidissement; lavé à l'éther pour enlever les dernières parties de cholestérine, et redissous dans l'alcool faible, il cristallise en très-petits cristaux blanc de neige, et a pour formule, en équivalents: $C^{232}H^{240}Az^{4}PO^{44}$.

Liebreicht obtint ensuite une base puissante par l'action de l'hydrate de baryte sur ce corps, et lui donna le nom de neurine ou névrine, tandis qu'en même temps, prenaient naissance de l'acide phosphoglycérique et des acides gras. Les recherches de Dybkowsky et de Diakonow leur font regarder la névrine comme identique avec la choline, autrefois retirée de la bile par Strecker. Liebreicht attribue à ces bases une composition différente.

La comparaison des analyses de la cérébrine et de la lécithine conduit à considérer le protagon comme un mélange de ces deux substances.

	CÉRÉBRINE. — D'après Müller.	PROTAGON. — D'après Liebreicht.	LÉCITHINE. — D'après Diakonow.
Carbone.. . . .	68,45	66,2 — 67,4	64,27
Hydrogène.. . .	11,27	11,1 — 11,9	11,40
Azote.	4,61	2,7 — 2,9	1,80
Phosphore. . .	»	1,1 — 1,5	3,8
Oxygène.. . . .	15,67	»	18,73
	100,00		100,00

La lécithine correspond, d'après Diakonow, a la formule $C^{44}H^{90}Az, PO^{9}$. On trouve encore dans la masse cérébrale des matières albuminoïdes, des sels, et divers produits de décomposition du tissu nerveux, particulièrement de la cholestérine.

Lécithines. — La lécithine a d'abord été extraite, à l'état de pureté, du jaune de l'œuf, puis elle a été isolée du cerveau par des procédés à peu près semblables.

Préparation de la lécithine par le jaune d'œuf. — On précipite par le chlorure de platine une dissolution de jaune d'œuf dans un mélange d'alcool et d'éther; on obtient un dépôt floconneux, que l'on débarrasse facilement des matières grasses en le lavant pendant un temps suffisant; on le dissout dans l'éther et on y fait passer un courant d'hydrogène sulfuré qui précipite le métal; on chasse l'hydrogène sulfuré de la solution filtrée à l'aide de la chaleur et d'un courant d'acide carbonique, et par l'évaporation il se dépose du chlorhydrate de lécithine ressemblant à de la cire. On obtient la matière privée de chlore, en traitant la solution éthéro-alcoolique du chlorure par l'oxyde d'argent. Dans ce traitement, il se dissout aussi de l'argent; on l'enlève par un courant d'hydrogène sulfuré, et par l'évaporation, la lécithine reste comme une masse homogène et transparente. La lécithine est très-facilement décomposable. Strecker obtint par ce procédé une des lécithines, l'oléinemargarinelécithine. La méthode suivante, due à Diakonow, fournit le moyen d'en séparer les diverses variétés.

On épuise le jaune d'œuf par l'éther, tant que ce véhicule se colore, puis on traite le résidu par l'alcool concentré, refroidi à — 10°; on obtient ainsi un produit solide, d'une composition constante, qui correspond à la formule $C^{44}H^{86}AzPO^{9}$ dioléine lécithine. Le liquide qui surnage ne fournit pas de matière solide, même par refroidissement à — 20°; mais si on l'évapore, on obtient une nouvelle lécithine jaune, la distéarine lécithine, dont la formule est $C^{44}H^{90}AzPO^{9}$.

En s'appuyant sur la présence de l'acide palmitique dans les produits de décomposition d'une autre lécithine, séparée par sa grande solubilité dans l'éther, Diakonow admet encore l'existence d'une troisième lécithine, la dipalmitine lécithine $C^{40}H^{82}AzPO^{9}$.

Les lécithines se décomposent lentement à froid et rapidement à chaud. On obtient un dédoublement caractéristique lorsqu'on les fait bouillir avec l'hydrate de baryte. On verse une solution alcoolique de lécithine dans de l'eau de baryte bouillante ; du phosphoglycérate de baryum se produit, se sépare en partie, et reste en partie en solution avec la névrine. Dans la dissolution filtrée, on précipite l'excès de baryte par l'acide carbonique, on évapore et on reprend le résidu par l'alcool ; en ajoutant du chlorure de platine, on obtient des flocons jaunes que l'on lave avec de l'alcool et que l'on fait recristalliser ; le chlorure double de platine et de névrine se dépose sous forme de prisme jaune orangé.

On dissout dans l'eau la partie restée insoluble après le traitement par l'alcool ; on précipite la ba-

ryte par l'acide sulfurique, on sature par le carbonate de calcium, et on obtient un mélange de phosphoglycérate de calcium et de sulfate de calcium; on précipite complétement l'acide sulfurique par le chlorure de baryum, et la dissolution bouillante laisse déposer des aiguilles de phosphoglycérate de calcium que l'on lave à l'alcool.

Le sel de baryum, resté insoluble après le traitement par l'eau de baryte, est décomposé par l'acide chlorhydrique; il donne par la chaleur une couche liquide d'acide, qui se solidifie par le refroidissement; on la lave avec de l'eau. La dissolution contient beaucoup de chlorure de baryum et de l'acide phosphoglycérique qui, par l'évaporation de la solution acide, se décompose en acide phosphorique et en glycérine. Les acides gras sont dissous dans l'ammoniaque, et transformés par l'addition d'acétate de plomb, en sel de plomb; on traite le précipité par l'éther, qui dissout l'oléate de plomb; on peut ensuite obtenir l'acide oléique libre, en transformant l'oléate de plomb en oléate de baryum cristallisé; puis, en décomposant le sel pur de baryte par l'acide chlorhydrique, on sépare un acide oléique ayant tous les caractères de l'acide ordinaire, incolore, se solidifiant dans l'eau glacée, se transformant en acide élaïdique par l'action de l'acide nitreux, etc.

Le sel de plomb, resté insoluble dans l'éther, décomposé par l'acide chlorhydrique, donne des aiguilles d'acide margarique, mêlées avec un peu d'acide stéarique.

La transformation de l'oléine margarine sous l'influence de l'eau de baryte peut s'écrire

$$\underset{\text{Lécithine.}}{C^{42}H^{84}AzPO^9} + 3H^2O = \underset{\text{Névrine.}}{C^5H^{15}AzO^2} + \underset{\text{Acide oléique.}}{C^{18}H^{34}O^2} + \underset{\text{Acide margarique.}}{C^{16}H^{32}O^2} + \underset{\text{Acide phosphoglycérique.}}{C^3H^9PO^6}$$

De même, la distéaorolécithine se dédouble d'après l'équation

$$\underset{\text{Lécithine.}}{C^{44}H^{90}AzPO^9} + 3H^2O = \underset{\text{Névrine.}}{C^5H^{15}AzO^2} + \underset{\text{Acide stéarique.}}{2(C^{18}H^{36}O^2)} + \underset{\text{Acide phosphoglycérique}}{C^3H^9PO^6}$$

Diakonow[1] regarde les lécithines comme des éthers, et les rapporte à trois types correspondants à la trioléine, tripalmitine et tristéarine, qui se rencontrent dans l'économie.

$$\underset{\text{Distéarine lécithine.}}{C^{44}H^{90}AzPO^9} = \left\{ \begin{array}{ll} (C^{18}H^{35}O)^2 & O^2 \\ \left.\begin{array}{c} C^3H^5 \\ P\,O \\ C^5H^{14}AzO \end{array}\right\} & O \\ H & O^2 \end{array} \right.$$

$$\underset{\text{Dipalmitine lécithine.}}{C^{40}H^{82}AzPO^9} = \left\{ \begin{array}{ll} (C^{16}H^{31}O)^2 & O^2 \\ \left.\begin{array}{c} C^3H^5 \\ P\,O \\ C^5H^{14}AzO \end{array}\right\} & O \\ H & O^2 \end{array} \right.$$

$$\underset{\text{Dioléine lécithine.}}{C^{44}H^{86}AzPO^9} = \left\{ \begin{array}{ll} (C^{18}H^{33}O)^2 & O^2 \\ \left.\begin{array}{c} C^3H^5 \\ P\,O \\ C^5H^{14}AzO \end{array}\right\} & O \\ H & O^2 \end{array} \right.$$

Ces lécithines peuvent, en se combinant entre elles, donner des lécithines intermédiaires, telles que la palmitine oléine lécithine $C^{42}H^{84}AzPO^9$, etc.

[1] Diakonow aus Kasan, *Ueber das Lecithin* (*Med.-chem. Untersuchungen*, S. 405).

Pour établir une formule qui pût rendre compte des diverses réactions des lécithines, Strecker[1], s'appuyant sur les propriétés de la névrine d'être moitié base, car elle se combine aux acides comme les ammoniaques composées, moitié alcool, car elle forme des combinaisons éthérées, la représente par la formule suivante, qui met en évidence ces deux manières de se comporter avec les réactifs :

$$\begin{array}{l} CH^2.OH \\ | \\ CH^2.Az(CH^3)^3.OH \end{array}$$

à laquelle correspond une combinaison éthérée, l'iodure de triméthyliodéthylammonium.

$$\left.\begin{array}{l} (CH^3)^3 \\ (C^2H^4I)' \end{array}\right\} AzI = \left\{\begin{array}{l} CH^2I \\ | \\ CH^2.Az(CH^3)^3I \end{array}\right.$$

Iodure de triméthyliodéthylammonium.

La lécithine est de la névrine dans laquelle l'hydrogène de l'hydroxyle est remplacée par de l'acide phosphoglycérique, et, dans ce dernier, deux radicaux d'acides gras sont substitués à deux atomes d'hydrogène. La palmitine oléine lécithine devient

$$\begin{array}{l} CH^2.O.PO \left\{\begin{array}{l} O.\ C^3H^5 \left\{\begin{array}{l} O.C^{16}H^{31}O \\ O.C^{18}H^{33}O \end{array}\right. \\ OH \end{array}\right. \\ | \\ CH^2-Az(CH^3)^3.OH. \end{array}$$

Cette formule explique donc comment les lécithines sont à la fois des corps gras, des bases et des acides.

Choline de bile. — La choline se rencontre dans la

[1] Strecker, *Ueber das Lecithin* (*Annalen der Chemie*, B. CXLVIII, S. 77, 1868).

bile de porc, et en petite quantité dans celle de bœuf. On l'extrait du liquide qui a servi à la préparation de l'acide cholalique par l'ébullition de la bile avec l'eau de baryte. On enlève la baryte par l'acide sulfurique, on évapore au bain-marie. Le résidu de l'évaporation est traité par l'alcool; on filtre, on évapore l'alcool, on fait bouillir le résidu avec l'hydrate de plomb, pour chasser l'ammoniaque. On enlève, en filtrant, l'excès d'oxyde de plomb, on précipite le métal resté en dissolution par l'hydrogène sulfuré; on évapore à sec, on dissout le résidu dans l'alcool, et on précipite par le chlorure de platine. Ce précipité cristallise par évaporation. On sépare le platine par un courant d'hydrogène sulfuré, on obtient par évaporation un précipité de chlorure de choline; on enlève le chlore à l'aide de l'hydrate d'argent, et la base reste libre. Elle forme un sirop alcalin qui attire l'acide carbonique de l'air; elle est soluble dans l'alcool, et très-alcaline.

Dybkowsky évapore la bile à sec, dissout le résidu dans l'alcool et précipite par l'éther. Il sépare ces dissolvants par la distillation, et fait bouillir le résidu avec de l'eau de baryte pendant vingt-quatre heures. Il enlève l'eau de baryte par un courant d'acide carbonique, évapore le liquide filtré et le réduit à un petit volume; il le précipite ensuite par l'alcool, et filtre. La solution alcoolique a une réaction alcaline; il ajoute de l'acide chlorhydrique tant qu'il se sépare de la taurine cristallisée, puis de l'éther, et attend vingt-quatre heures, en exposant le liquide au froid; il filtre

et précipite par le perchlorure de platine et une nouvelle quantité d'éther; il lave le précipité amorphe à l'alcool et l'éther, le dissout dans l'eau, l'évapore dans le vide, et obtient le chlorure double de platine et de choline cristallisé en octaèdres jaunes, mais mêlé à d'autres cristaux, formés sans doute par des produits de décomposition. En reprenant par une petite quantité d'eau froide, le chlorure double de platine et de choline se dissout seul. Il suffit alors de précipiter le platine par un courant d'hydrogène sulfuré pour obtenir le chlorure de choline cristallisé en aiguilles microscopiques.

La choline ne préexiste pas dans la bile, d'après Dybkowsky [1]. On ne peut l'obtenir d'une solution éthéro-alcoolique du tissu de cet organe.

Névrine du tissu nerveux. — On prive la cervelle d'un bœuf de ses enveloppes, du sang et des matières coagulables qu'elle contient; on la réduit en pulpe, on la passe dans un tamis et on la traite par l'eau et l'éther; on obtient une dissolution fortement colorée en jaune, que l'on fait bouillir avec de l'eau de baryte, après avoir séparé l'éther par la distillation. On extrait ensuite la choline à l'état de chlorure double avec le chlorure de platine, par la même suite de réactions qui servent à la mettre en liberté dans la bile.

Synthèse de la choline. — M. Bæyer [2] a démontré que la choline est une base oxéthylénique, et qu'elle re-

[1] Dybkowski, *Ueber die Identitæt des Neurin und des Cholin* (Erdmann's *Journal*, B. C, S. 153).
[2] *Annalen der Chemie*, B. CXL, S. 307. — B. CXLII, S. 322.

présente l'hydrate d'oxéthylammonium, dans lequel 3 atomes d'hydrogène sont remplacés par 3 groupes méthyliques.

$$\left.\begin{array}{l} H \\ H \\ H \\ C^2H^4(OH) \end{array}\right\} AzOH \qquad \left.\begin{array}{l} CH^3 \\ CH^3 \\ CH^3 \\ C^2H^4(OH) \end{array}\right\} AzOH$$

Hydrate d'oxéthylammonium. — Hydrate d'oxéthyltriméthylammonium.

Elle forme avec le chlorure d'or une combinaison jaune, cristallisée en aiguilles brillantes, dont la composition $AzC^5H^{14}Cl, AuCl^3$ confirme l'exactitude de la formule précédente.

On sait que M. Wurtz prépare les bases oxéthyléniques en traitant par l'ammoniaque le glycol monochlorhydrique ; cette méthode l'a conduit à une synthèse fort élégante de la choline. Le chlorhydrate de cette base, c'est-à-dire le chlorure d'oxéthyltriméthylammonium, prend naissance par l'addition directe des éléments de la chlorhydrine du glycol (glycol monochlorhydrique) et de la triméthylamine.

$$C^2H^4\left\{\begin{array}{l} OH \\ Cl \end{array}\right. + \left.\begin{array}{l} CH^3 \\ CH^3 \\ CH^3 \end{array}\right\} Az = \left\{\begin{array}{l} CH^3 \\ CH^3 \\ CH^3 \\ C^2H^4(OH) \end{array}\right\} AzCl$$

Glycol monochlorhydrique. — Triméthylamine. — Chlorure de triméthyloxéthylammonium.

5 grammes de triméthylamine chauffés pendant vingt-quatre heures au bain-marie, dans un tube fermé, avec 10 grammes de chlorhydrine du glycol, donnent, par le refroidissement, de beaux cristaux prismatiques

parfaitement incolores, solubles dans l'alcool, de chlorure de triméthyloxéthylammonium.

Lorsqu'on décompose le chlorure d'oxéthyltriméthylammonium par l'oxyde d'argent humide, on met en liberté la choline ou l'hydrate d'oxéthyltriméthylammonium, qui reste après l'évaporation sous la forme d'un liquide sirupeux.

La choline se comporte comme une base ; elle s'unit aux acides. Son chlorure a pour formule :

$$\left.\begin{matrix}(C^2H^4.OH)' \\ (C\ H^3)^3\end{matrix}\right\} Az\,Cl$$

Le chlorhydrate de choline se réduit par l'acide iodhydrique. La base oxéthylique se convertit en base iodéthylique.

$$\underset{\text{Chlorure de triméthyloxéthylammonium.}}{\left.\begin{matrix}(C\ H^3)^3 \\ (C^2H^4.OH)'\end{matrix}\right\}} Az\,Cl + 2\,HI = H\,Cl + \underset{\text{Iodure de triméthyliodéthylammonium.}}{\left.\begin{matrix}(C\ H^3)^3 \\ (C^2H^4I)'\end{matrix}\right\}} Az\,I + H^2O$$

On l'obtient en maintenant le chlorhydrate de choline avec de l'acide iodhydrique, en présence du phosphore, à une température de 140°,

Par l'ébullition avec de l'eau et l'oxyde d'argent, l'iodure de la base éthylée se convertit en hydrate de la base vinylique correspondante.

$$\underset{\text{Iodure de triméthyliodéthylammonium.}}{\left.\begin{matrix}(C\ H^3)^3 \\ (C^2H^4I)'\end{matrix}\right\}} Az\,I + Ag^2O = \underset{\text{Hydrate de triméthylvinylammonium.}}{\left.\begin{matrix}(C\ H^3)^3 \\ (C^2H^3)'\end{matrix}\right\}} Az.OH + 2\,Ag\,I$$

Cette nouvelle base précipite par le chlorure d'or et

donne des cristaux de chloraurate de triméthylvinylammonium.

$$\left.\begin{matrix}(C^2H^3)' \\ (C\ H^3)^3\end{matrix}\right\} AzCl. + AuCl^3$$

M. Wurtz a réalisé encore la synthèse de la choline d'une manière différente. Il fait réagir directement une solution concentrée de triméthylamine sur l'iodure d'éthylène, et abandonne le tout à la température ordinaire. Du jour au lendemain, le liquide devient épais et ne contient plus que de la choline.

$$\underset{\text{Triméthyl-amine.}}{(CH^3)^3Az} + \underset{\text{Oxyde d'éthylène.}}{C^2H^4O} + H^2O = \underset{\text{Choline ou hydrate de triméthyl-oxéthylammonium.}}{\left.\begin{matrix}(C\ H^3)^3 \\ C^2.H^4.OH\end{matrix}\right\} AzOH}$$

Les réactions décrites ci-dessus réussissent également avec la choline naturelle et la choline artificielle, preuve de l'identité de ces substances. La choline est donc bien de l'hydrate de triméthyloxéthylammonium, et non un des nombreux isomères de cette substance que la théorie laisse prévoir.

Cependant, M. Liebreicht a remarqué que lorsqu'on traite le protagon par l'eau de baryte, on obtient, au bout de vingt-quatre heures, la base $Az(CH^3)^3(C^2H^3)OH$, à laquelle il réserve le nom de névrine[1]. Elle représente une base vinylique : son chloraurate et son chloroplatinate cristallisent facilement. Ce dernier laisse une résidu insoluble lorsqu'on le reprend par l'eau, et la solution renferme alors le chloroplatinate de la base oxyéthylée, le triméthyloxéthyl-

[1] Liebreicht, *Bulletin de la Société chimique*, 1869.

ammonium de M. Wurtz. Cette dernière base est identique avec celle qui provient de la lécithine du foie et de l'œuf, et doit porter le nom de choline.

Cérébrine. — Le cerveau contient une substance azotée, et non phosphorée, isolée par M. Gobley, qui lui a donné le nom de cérébrine.

On obtient par la méthode suivante la cérébrine, l'inosite et la cholestérine : On broie le cerveau avec de l'eau distillée, et on ajoute à l'émulsion de l'acétate de plomb ; on voit apparaître au bout de quelque temps un trouble abondant ; on passe sur un tamis et on porte à l'ébullition ; il se forme un coagulum épais et un liquide clair, donnant, par le sous-acétate de plomb, un précipité volumineux composé d'acide urique et d'inosite ; on décompose le précipité par l'hydrogène sulfuré, on filtre, et l'acide urique cristallise par évaporation; on évapore le liquide filtré jusqu'à ce que, par l'addition d'un volume égal d'alcool, il se forme un trouble ; par le repos l'inosite se dépose. On épuise le coagulum que forme l'acétate de plomb, par un mélange bouillant d'alcool et d'éther, et la liqueur filtrée laisse par le refroidissement une masse blanche, floconneuse, qui devient rougeâtre et cristalline par la dessiccation ; cette masse est formée de cholestérine, de lécithine et de cérébrine. En la traitant par l'éther froid, on isole la cérébrine, qui y est insoluble ; la partie filtrée, étant évaporée, abandonne une masse cristalline que l'on fait bouillir avec de l'alcool et de l'oxyde de plomb ; celui-ci se combine avec les acides gras, tandis que la cholesté-

rine cristallise par le refroidissement de la solution alcoolique filtrée.

La cérébrine, purifiée par plusieurs dissolutions dans l'alcool, forme une poudre légère, blanche, sans saveur et sans odeur; elle est soluble dans l'alcool et dans l'éther bouillants, et insoluble dans l'eau et dans les alcalis. Elle est sans action sur les réactifs colorés. Avec l'eau bouillante, elle forme une émulsion qui n'est altérée ni par le refroidissement, ni par l'action des alcalis, des acides ou des sels.

Traitée par l'acide sulfurique, elle donne les réactions du sucre.

Matières albuminoïdes. — Le cerveau contient des matières albuminoïdes, particulièrement des albuminates. Broyé avec de l'eau et une dissolution saturée de sel marin, il fournit par le repos un liquide clair d'albuminate de soude, ou caséine, qui se précipite avec ses caractères ordinaires, dès qu'on ajoute un acide à la dissolution.

On a signalé dans le cerveau la présence d'un grand nombre d'autres éléments : acides lactique, acides volatils, inosite, xanthine, hypoxanthine, créatine, leucine, acide urique. L'urée ne paraît pas y exister.

Substances minérales. — Weisbach a trouvé que la proportion d'eau contenue dans le cerveau présentait des différences suivant le sexe et suivant l'âge.

QUANTITÉ D'EAU CONTENUE DANS LE CERVEAU.

AGE.	CERVEAU. Substance blanche.	CERVEAU. Substance grise.	CIRCONVOLUTION.	CERVELET.	PONT.	MOELLE ALLONGÉE.
HOMME.						
20 à 30 ans........	69,56	83,36	78,47	78,83	73,46	74,43
30 à 50 ans........	68,31	83,60	79,59	77,87	72,55	73,25
50 à 70 ans........	70,19	83,80	79,61	78,79	72,01	72,24
70 à 94 ans........	72,61	84,78	80,23	80,34	72,74	73,62
FEMME.						
20 à 30 ans........	68,29	82,62	79,20	79,49	74,05	74,07
30 à 50 ans........	70,31	83,06	77,29	78,98	72,20	72,98
50 à 70 ans........	68,94	83,84	79,69	78,45	71,40	73,06
70 à 91 ans........	72,20	83,95	80,17	79,79	72,44	73,37

L'incinération de la substance cérébrale laisse un résidu qui contient jusqu'à 4,50 pour 100 de phosphore dans un cerveau desséché. Horsford[1] y a signalé aussi la présence du fluor. On mêle une portion du cerveau avec de la chaux, et on incinère ; la masse, mêlée avec de l'acide sulfurique, chauffée dans une cornue, donne un dégagement de fluorure de silicium, preuve de l'existence du fluor dans le cerveau.

Breed a trouvé, dans 1000 parties de cendres :

Potasse.	32,42
Soude.	10,69
Magnésie.	1,23
Chaux.	0,72
Chlorure de sodium.	4,74
Phosphate de fer.	1,23
Phosphate de soude combiné. . . .	39,02
Acide phosphorique libre.	9,15
Acide sulfurique.	0,75
Acide silicique.	0,42

Produits de désassimilation du cerveau. — De nombreuses recherches ont été entreprises sur la détermination des produits de désassimilation du cerveau.

D'après M. Byasson, la quantité d'acide phosphorique éliminé pendant le travail cérébral est plus forte que celle qui s'élimine pendant le repos ou l'activité musculaire. Dans ces derniers cas, les sulfates prédominent. La dépense organique qui accompagne l'activité cérébrale se fait aux dépens du tissu nerveux, riche en phosphore, d'où l'augmentation des phosphates dans l'urine. Hammond est arrivé à des résultats sem-

[1] *Annalen der Chemie*, B. CXLIX, S. 202. 1869.

blables : il a trouvé que l'excrétion d'acide phosphorique est considérablement accrue pendant le travail mental, résultat qu'il explique par l'accélération des métamorphoses qu'exige le renouvellement du tissu cérébral lui-même.

Mossler a dosé séparément les phosphates alcalins et terreux, et a vu que le travail cérébral augmente un peu la proportion totale d'acide phosphorique, et que cet accroissement se répartit 1/4 sur les phosphates alcalins, et 1/3 sur les phosphates terreux.

Ces résultats ont été contestés par Hodges Wood. Il résulte de ces nouvelles expériences que la quantité de phosphates excrétés, considérée en masse, n'éprouve aucun changement, qu'il y ait repos ou travail cérébral. Seulement, les phosphates alcalins augmentent légèrement, quand il y a travail cérébral, tandis que les phosphates terreux diminuent dans la proportion de 20 à 40 pour 100. De telle sorte qu'on n'observe jamais d'accroissement dans la quantité d'acide phosphorique, comme l'exige la théorie dans laquelle l'activité du tissu nerveux correspond à une désassimilation plus grande de ce tissu.

Ces expériences divergentes demandent de nouvelles recherches. Quoique très-importantes, elles ne pourront donner la mesure réelle des phénomènes de dénutrition du cerveau et des nerfs. Les travaux de Fick et de Wislicenus sur le système musculaire ont mis hors de doute que, pendant le travail musculaire, l'excès d'urée excrétée n'est pas dû à l'oxydation des muscles, mais à celle des matières alimentaires, apportée par le

sang, sous forme de liquide nutritif, et que le muscle est seulement l'instrument qui transforme la chaleur en mouvement. Par analogie, on doit conclure que pendant l'activité cérébrale, l'excès des produits de combustion peut servir à mesurer le travail effectué, mais ne prouve pas la désassimilation du cerveau. Il paraît plus probable que ces matériaux éliminés résultent de l'oxydation des matières apportées par le sang, et qu'ils ne sont pas formés aux dépens du tissu de l'organe.

TISSU MUSCULAIRE

Les muscles forment un tissu mou, rougeâtre, d'apparence fibreuse, contractile. Ils se divisent en deux classes. Les uns, résultant de l'union de cellules lisses, allongées, fusiformes, se nomment muscles lisses; les autres, constitués par des filaments longs, striés transversalement, se distinguent sous le nom de muscles striés.

Les fibres striées se trouvent dans tous les muscles volontaires du corps de l'homme, et le cœur parmi les organes dont les mouvements sont involontaires; les fibres lisses dans ceux qui ne sont pas sous l'empire de la volonté.

Muscles lisses. — Les éléments des fibres lisses sont des cellules allongées, disposées par séries longitudinales, effilées en pointe à leurs deux extrémités, d'une longueur de $0^{mm},025$ à $0^{mm},225$, et auxquelles on n'a pas reconnu jusqu'ici de membrane d'enve-

loppe. Leur noyau ressemble à un bâtonnet et ne possède pas de nucléole.

On obtient ces cellules en traitant les fibres par de l'acide azotique étendu de 20 pour 100 d'eau. Elles sont douées de la double réfraction et dévient vers la droite la lumière polarisée. On n'y a pas démontré la présence des sarcous elements. Leur composition chimique est encore inconnue. Elles paraissent former, par une membrane albuminoïde transparente, réfringente et amorphe, la fibrine musculaire.

Fibres musculaires striées. — Les fibres musculaires striées se composent d'une enveloppe extérieure, le sarcolemme, et d'une substance intérieure contractile.

Le sarcolemme est une membrane homogène transparente, étroitement appliquée sur les parties intérieures, et composée principalement par une substance élastique. A sa face interne, on trouve des noyaux contenant un ou deux nucléoles entourés d'un reste du protoplasma primitif, d'après Max Schultze, ce qui constitue une cellule, dans l'acception moderne de ce mot.

Sous l'influence de certains réactifs, les fibres musculaires apparaissent avec des stries longitudinales et transversales, et elles se laissent diviser suivant la direction de ces stries elles-mêmes. Les stries longitudinales se montrent par l'action de l'eau chaude, de l'alcool, du chromate de potasse; les stries transversales, sous celle de l'acide chlorhydrique faible, du carbonate de potasse, du chlorure de calcium. L'acide

picrique fait distinguer à la fois les deux séries de stries.

La structure des muscles est controversée. Quelques auteurs admettent qu'elle résulte de l'union d'une série de fibres longitudinales, dites fibres primitives. Les autres pensent avec Bowmann que les stries longitudinales et transversales limitent de petits corps prismatiques, nommés *sarcous elements*, qui sont les éléments primitifs des muscles. En examinant à un fort grossissement une fibrille musculaire, on aperçoit des disques foncés de $0^m,003$ à $0^m,004$ de diamètre, presque aussi larges que longs, séparés les uns des autres par des espaces clairs, divisés eux-mêmes en deux parties égales de $0^m,0005$ par un disque mince de $0^m,0004$. Les deux espaces clairs et le disque mince correspondent à une strie transversale. Les disques foncés et les disques minces représentent les sarcous elements.

M. Rouget regarde la fibrille comme un élément roulé en spirale, un seul tour formant le disque mince, plusieurs tours le disque épais. La contraction ne résulte que de la mise en jeu de la fibre spirale.

Les fibres primitives et les sarcous elements sont baignés par un liquide qui forme le plasma musculaire. La myosine est peut-être la substance qui sert à relier entre eux les éléments des muscles.

Composition chimique des muscles; myosine. — Les parties des muscles contenues dans le sarcolemme éprouvent, peu de temps après la mort, une transformation qui produit la rigidité cadavérique. Diverses

causes modifient la rapidité de ce changement. L'action du froid la retarde. Les muscles soumis à une réfrigération prolongée, reprennent, aussitôt dégelés, leur mollesse et leurs propriétés primitives. Ceux de certains animaux à sang froid, tels que les grenouilles, arrivent lentement à la rigidité cadavérique; aussi sont-ils particulièrement propres à la préparation du liquide musculaire. Pour l'obtenir, Kühne recommande le procédé suivant :

On laisse le sang de l'animal couler aussi complétement que possible; on achève de l'extraire en injectant dans l'aorte une solution contenant, pour 100 parties d'eau, 1/2 partie de sel marin; on enlève ensuite les muscles, on les agite avec une solution de sel refroidi à 0°, pour leur enlever un peu de la lymphe qui les baigne, on les place dans une enveloppe de laine, et on les expose à une température de —7°, jusqu'à ce que la masse se laisse briser à l'aide d'un couteau refroidi. Cette opération ne réussit que par l'effet d'un froid très-vif. Les fragments de muscles sont ensuite broyés dans un mortier également refroidi, enveloppés dans un linge en laine, et comprimés fortement sous une presse, à la température de l'air ambiant. Les muscles se dégèlent et fournissent un liquide à 0°, qui ne se décompose pas, et peut être passé sur un filtre de papier placé sur un entonnoir entouré de sel et de glace. Le filtre s'obstrue rapidement et doit être fréquemment renouvelé. On obtient ainsi le plasma musculaire, liquide sirupeux, opalescent, faiblement coloré en jaune, doué d'une réaction alca-

line. Abandonné à la température ambiante, il se coagule comme le sang. La coagulation est hâtée par l'agitation ; elle se produit sans modification de la réaction et donne la myosine.

On prépare la myosine pure en faisant tomber goutte à goutte le plasma des muscles dans de l'eau distillée, de telle manière que le précipité forme des globules séparés et faciles à laver; on l'agite avec de l'eau, et on le recueille sur un filtre.

La myosine, comme la fibrine, se prend par le repos en masses gélatineuses; elle acquiert par l'agitation un aspect floconneux, mais jamais l'apparence fibreuse; elle se sépare lentement du plasma à 0°, instantanément à 40°; elle se précipite par l'addition d'eau distillée, d'acides très-étendus, de solutions contenant de 10 à 20 parties de sel marin.

Cette substance est sans action sur le tournesol, insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis, les acides étendus, les solutions qui contiennent moins de 10 pour 100 de sel marin. Cette dernière réaction permet de préparer la myosine en broyant de la chair musculaire avec de l'eau contenant 10 pour 100 de chlorure de sodium ; une grande partie de la matière se dissout. Après un contact de vingt-quatre heures, on passe à travers un linge, on filtre sur du papier, et, en versant la solution jaune et sirupeuse dans l'eau, on précipite la myosine.

La myosine dissoute dans le sel marin, se comporte absolument dans ses réactions comme le plasma des muscles : elle commence à se troubler à 55° et se

coagule à 60° ; elle se précipite de ses dissolutions dans le sel marin par un excès du même sel, surtout par l'addition de chlorure de sodium pulvérisé. Elle décompose l'eau oxygénée comme la fibrine.

Les solutions de la myosine dans les acides étendus ne contiennent plus de myosine, mais un produit de transformation, la syntonine. Celle-ci se précipite, lorsqu'on neutralise la solution chlorhydrique de myosine ; elle est soluble dans les acides étendus, les alcalis, les carbonates alcalins, mais insoluble dans le sel marin, caractère qui la différencie de la myosine.

Syntonine ou fibrine musculaire. — La syntonine se forme quand on dissout la myosine dans l'acide chlorhydrique très-étendu. Elle prend encore naissance lorsqu'on précipite par l'eau un corps albuminoïde en solution dans l'acide chlorhydrique. Elle constitue probablement le premier produit de la décomposition des matières albuminoïdes dans l'acte de la digestion, et est identique avec la parapeptone de Meissner.

On peut la préparer en suivant la méthode qu'indique Liebig dans son travail sur la viande. On hache très-finement la chair musculaire, on la lave avec de l'eau jusqu'à ce qu'elle soit devenue incolore, et on la broie avec de l'eau contenant 1 pour 100 d'acide chlorhydrique. La chair se dissout presque en entier, et, par la compression, ne laisse qu'un faible résidu. En neutralisant la dissolution filtrée, on voit se déposer des flocons transparents gélatineux, qui se prennent sur le filtre en masses élastiques.

On obtient encore la syntonine en dissolvant le blanc

d'œuf coagulé, ou la fibrine pure, dans l'acide chlorhydrique fumant; la solution est précipitée par l'eau, filtrée; le résidu exprimé est dissous dans l'eau acidulée, et la syntonine est enfin précipitée de nouveau par le carbonate de sodium.

Elle présente l'aspect d'une gelée floconneuse, insoluble dans l'eau et dans les solutions de chlorure de sodium, soluble dans les acides étendus et dans les solutions faibles des carbonates alcalins. Elle a donné à l'analyse, pour 100 parties :

Carbone.	54,06
Hydrogène.	7,28
Azote.	16,05
Oxygène.	21,50
Soufre.	1,11

nombres qui se confondent avec ceux qui expriment la composition des matières albuminoïdes.

Les solutions acides de la syntonine ne se coagulent pas par l'ébullition. A froid, elles sont précipitées par le chlorure de sodium, d'ammonium, de calcium, le sulfate de sodium et le sulfate de magnésium. Ce précipité, très-faible dans les solutions étendues, augmente rapidement par l'action de la chaleur.

Dissoute dans les solutions alcalines faibles ou les carbonates alcalins, elle se précipite par la neutralisation, même en présence des phosphates alcalins, caractère qui la distingue des albuminates.

Elle est soluble dans l'eau de chaux, et la solution se trouble par une longue ébullition. En neutralisant, on obtient la matière non transformée, mais la

coagulation n'est que partielle. La solution dans l'eau de chaux précipite faiblement à froid par le chlorure de sodium, le chlorure de calcium et le sulfate de magnésium, mais abondamment à 100°. Le pouvoir rotatoire d'une solution de syntonine dans l'acide chlorhydrique étendu est de — 72 pour la lumière jaune. Elle ne décompose pas l'eau oxygénée.

Sérum des muscles. — Le liquide qui reste après la coagulation de la myosine est le sérum des muscles. Neutre à 0°, il devient rapidement acide dès que la température s'élève. Outre la myosine, il renferme, d'après les recherches de Kühne, trois matières albuminoïdes : un albuminate alcalin précipitable par l'acide acétique, et, lorsqu'on l'a enlevé par filtration, deux substances albuminoïdes, l'une se coagulant à 45°, l'autre à 75°. On trouve encore, comme éléments constants, la créatine, l'hypoxanthine, la xanthine, l'acide sarkolactique et les matières grasses ; chez quelques animaux, sinon chez tous, la taurine, la dextrine ; dans les muscles du cœur du chien, l'inosite. D'après Neubauer, l'existence de la créatine y est très-douteuse ; le sucre y a été constaté par ses réactions, mais n'a pas été isolé. Peut-être n'est-il qu'un produit secondaire, formé par l'action des réactifs sur la dextrine. Les substances minérales qui s'y rencontrent sont des sulfates et des phosphates alcalins, du chlorure de sodium, des phosphates terreux. Dans certains états pathologiques, on a trouvé dans les muscles, de l'urée, de l'acide urique, une quantité considé rable de matières grasses.

Créatine $C^4H^9Az^3O^2 + H^2O$. — La créatine se rencontre dans la chair musculaire des mammifères, des oiseaux, des poissons, des crustacés; d'après MM. Valenciennes et Fremy, dans le sang, le liquide de l'amnios et de diverses sérosités, dans le cerveau. Elle n'existe jamais dans l'urine normale, d'après Neubauer.

On l'obtient par le procédé suivant, donné par Liebig. On opère sur 5 kil. de viande. On en plonge la moitié dans 2 kil. 1/2 d'eau ; on pétrit le mélange, et on l'exprime dans un sac en toile ; on mêle le résidu avec la même quantité d'eau, et on l'exprime de nouveau. Ce dernier liquide sert à épuiser les 2 kil. 1/2 de viande restant, et on soumet à la presse. On réunit toutes les solutions, on les passe dans un linge, on les fait bouillir dans de grands ballons de verre, jusqu'à ce que l'albumine et la matière colorante soient coagulées ; on filtre la dissolution devenue incolore et acide, on la sature par l'eau de baryte en solution concentrée ; on sépare par filtration le précipité de phosphate de baryum et de phosphate de magnésium, on enlève l'excès de baryte par un courant d'acide carbonique, et on concentre le liquide au bain-marie dans des vases à grande surface. Dès qu'il est réduit au vingtième de son volume, on l'abandonne à l'évaporation spontanée ; il dépose bientôt de nombreuses aiguilles de créatine. La chair du gibier et celle du poulet sont les plus avantageuses pour cette préparation ; il faut, du reste, n'opérer que sur des animaux maigres, la graisse s'oppose à l'extraction de la créatine.

Stædeler hache la viande, la mêle avec du verre pilé, ajoute deux fois son volume d'alcool ordinaire, et fait digérer le tout au bain-marie; il exprime, évapore l'alcool et précipite par l'acétate de plomb; après avoir filtré, il enlève l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré, filtre de nouveau, évapore en consistance sirupeuse, et obtient par refroidissement des cristaux de créatine.

On la purifie en la décolorant par le charbon animal et en la faisant recristalliser.

Volhard [1] a réalisé la synthèse de la créatine. On chauffe à 100°, pendant quelques heures, un mélange de solutions alcooliques de sarkosine ou méthylglycocolle et de cyanimide récemment préparée; par le refroidissement, il se dépose de petits prismes quadrangulaires ayant les propriétés et la composition de la créatine naturelle.

La créatine est incolore, sans saveur, sans action sur le tournesol, soluble dans 74,4 parties d'eau à 18°, très-soluble dans l'eau bouillante. Elle se dissout dans 94,10 d'alcool absolu, et est insoluble dans l'éther. Elle cristallise dans le système du prisme oblique à base rectangle.

Par l'ébullition avec de l'eau ou l'action des acides concentrés, elle se transforme en créatinine.

$$\underset{\text{Créatine.}}{C^4H^9Az^3O^2} = \underset{\text{Créatinine.}}{C^4H^7Az^3O} + H^2O$$

Sous l'influence de la chaux sodée, elle dégage de la méthylamine, Traitée par l'oxyde de mercure, elle

[1] *Bulletin de la Société chimique*, t. XII, p. 264, 1869.

fournit la méthylguanidine ou méthyluramine $C^4H^7Az^3$. Bouillie avec de l'eau de baryte, elle se dédouble en urée et en sarkosine ou méthylglycocolle.

$$\underset{\text{Créatine.}}{C^4H^9Az^3O^2} + H^2O = \underset{\text{Sarkosine.}}{C^3H^7AzO^2} + \underset{\text{Urée.}}{CH^4Az^2O}$$

La créatine s'unit avec les acides. Elle forme avec le chlorure de zinc et le chlorure de cadmium des sels bien cristallisés.

Comme moyenne des 56 analyses faites sur des sujets morts de diverses maladies, Perls trouva 0,256^{gr} de créatine pour 100^{gr} dė muscles. Le minimum fut 0,037^{gr}, le maximum 0,489^{gr}.

Créatinine $C^4H^7Az^3O$. — La créatinine existe dans l'urine normale chez l'homme, le chien, dans les muscles des crustacés, selon MM. Valenciennes et Fremy.

On l'obtient très-facilement en traitant la créatine par l'acide chlorhydrique concentré, à l'état de chlorhydrate de créatinine. On décompose ce sel dissous dans l'eau par l'hydrate de plomb; du chlorure de plomb se dépose, et la dissolution devient neutre; en ajoutant alors le triple de l'hydrate de plomb déjà employé, on obtient un oxychlorure de plomb insoluble; on filtre, et la créatinine cristallise par refroidissement.

On sépare la créatinine de la créatine en traitant le mélange par l'alcool froid et concentré qui dissout à peine la dernière.

La créatinine cristallise dans le système du prisme oblique à base rectangle. Elle se dissout dans 11,5 d'eau froide; elle est beaucoup plus soluble dans l'eau

bouillante : 1000 parties d'alcool en dissolvent 9,8 à 16°; elle est peu soluble dans l'éther. Elle se comporte comme un alcali puissant; elle déplace l'ammoniaque de ses combinaisons, elle forme avec les sels de cuivre des combinaisons bleues cristallisables; elle précipite les solutions d'azotate d'argent, de bichlorure de mercure, d'azotate de mercure en présence du carbonate de sodium; elle se combine avec le chlorure de zinc, le chlorure de cadmium.

L'oxyde de mercure, le permanganate de potasse, la transforment en méthylguanidine. Chauffée avec de l'alcool absolu et de l'iodure d'éthyle, la créatinine donne de l'éthylcréatinine.

La créatinine se combine avec les acides et forme des sels. Le chlorhydrate de créatinine $C^4H^7Az^3O.HCl$ cristallise en prismes raccourcis, très-solubles dans l'eau, assez solubles dans l'alcool. Elle s'unit également aux sels métalliques, le chlorure de zinc et de créatinine $(C^4H^7Az^3O)^2ZnCl^2$ s'obtient en mêlant deux solutions alcooliques de chlorure de zinc et de créatinine. Il forme des prismes rhomboïdaux peu solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool et l'éther.

Sarkine ou hypoxanthine $C^5H^4Az^4O$. — L'hypoxanthine se trouve dans le liquide musculaire, la rate, le foie, le thymus du veau, et mêlée à de la xanthine dans le sang des leucocythémiques.

On prépare l'hypoxanthine avec les eaux mères qui ont fourni la créatinine; on les étend d'eau, et on les fait bouillir avec de l'acétate de cuivre. Le précipité formé par l'union de l'hypoxanthine et de l'oxyde de

cuivre, est d'abord lavé à l'eau froide, puis décomposé dans l'eau bouillante par l'hydrogène sulfuré ; la dissolution filtrée chaude, donne l'hypoxanthine par le refroidissement ou l'évaporation. On redissout dans l'eau le produit encore impur ; on le fait bouillir avec l'hydrate de plomb, et la dissolution, filtrée, décomposée par l'hydrogène sulfuré, filtrée de nouveau, donne l'hypoxanthine pure.

L'hypoxanthine se dépose par le refroidissement d'une solution saturée en flocons ou en aiguilles microscopiques. Elle se dissout dans 300 parties d'eau froide et dans 78 d'eau bouillante; elle est peu soluble dans l'alcool. Elle est facilement soluble dans les solutions alcalines étendues, l'acide chlorhydrique faible, l'acide sulfurique ou azotique concentré. Elle forme des combinaisons avec les acides, les oxydes métalliques, les sels. Le chlorhydrate d'hypoxanthine $C^5H^4Az^4O.HCl$ cristallise en tables. Elle forme avec l'azotate d'argent un composé cristallisé $C^5H^4Az^4O,AzO^3Ag$, qui se dépose immédiatement, tandis que le précipité correspondant de xanthine est très-lent à se former.

Sarkosine ou méthylglycocolle $C^3H^7AzO^2$. — La sarkosine fut découverte par Liebig en 1847. Volhard l'a obtenue par synthèse, par l'action de la méthylamine sur l'acide monochloracétique. Elle n'a pas encore été trouvée dans le liquide musculaire. Elle se produit par l'action des réactifs sur la créatine.

On dissout l'éther de l'acide monochloracétique dans une solution aqueuse et concentrée de méthylamine, et on chauffe à 130° ; tout le chlore de l'acide chloracéti-

que se transforme en chlorhydrate de méthylamine. On sépare l'excès de base par la distillation ; puis on fait bouillir le résidu avec l'eau de baryte, tant qu'il dégage de la méthylamine. On sépare ensuite la baryte par une quantité exacte d'acide sulfurique, le liquide filtré contient du chlorhydrate de sarkosine. On décompose ce sel par le carbonate d'argent, on décolore par du noir animal, et on évapore en consistance sirupeuse; au bout de quelques jours, la sarkosine se prend en masse cristalline.

On fait bouillir une solution saturée de créatine avec de l'eau de baryte, tant qu'il se dégage de l'ammoniaque ; on filtre, on précipite l'excès de baryte par un courant d'acide carbonique ; on évapore en consistance sirupeuse et on obtient au bout de quelque temps de beaux cristaux de sarkosine. Ils ne sont pas encore entièrement purs. On les dissout dans un excès d'acide sulfurique étendu, on évapore au bain-marie, et on ajoute de l'alcool au résidu sirupeux, en ayant soin d'agiter continuellement. Le sulfate se convertit en une poudre cristalline, que l'on lave à l'alcool et que l'on reprend par l'eau froide. On chauffe la dissolution avec du carbonate de baryte jusqu'à ce qu'elle ne dégage plus d'acide carbonique, on filtre, on évapore en consistance de sirop, et on obtient au bout de vingt-quatre heures des cristaux de sarkosine pure.

La sarkosine a la même composition centésimale que la lactamide et l'uréthane. Elle en diffère par son insolubilité dans l'éther et l'alcool.

Xanthine $C^5H^4Az^4O^2$. — La xanthine, découverte par Marcet en 1819 dans un calcul urinaire, fut ensuite reconnue par Scherer et Stædeler comme une des parties constituantes du tissu musculaire, du foie, de la rate, du pancréas, du thymus, du cerveau.

Les muscles broyés sont successivement épuisés par l'alcool et l'eau à 50°. On réunit les dissolutions, on chasse l'alcool par l'évaporation, et on filtre pour séparer l'albumine coagulée. Le liquide est ensuite traité par l'acétate de plomb, lequel précipite les trois quarts de la xanthine; on filtre, on ajoute au liquide de l'acétate de mercure, qui entraîne le reste de la base. Le précipité formé par l'acétate basique de plomb contient la xanthine sans hypoxanthine. On le décompose par l'hydrogène sulfuré, on fait bouillir avec beaucoup d'eau, et par évaporation on obtient la xanthine en masses jaunâtres.

Strecker est parvenu à transformer la guanine en xanthine. A une solution de guanine dans l'acide azotique fumant, on ajoute de l'azotite de potasse, tant qu'il se dégage des vapeurs rouges; on verse de l'eau, on lave la substance jaune qui se précipite, on la dissout dans l'ammoniaque bouillante; on précipite par une solution de sulfate de fer, jusqu'à ce que l'hydrate de fer qui se dépose commence à être remplacé par un oxyde de fer coloré. La dissolution qui contient encore un grand excès d'ammoniaque est filtrée, évaporée à sec dans un bain-marie, et traitée par l'eau froide, qui dissout le sulfate d'ammoniaque. Le résidu est

dissous dans l'ammoniaque bouillante, filtré et soumis ensuite à l'évaporation.

La xanthine se dépose d'une solution saturée en flocons blancs, qui apparaissent au microscope comme des grains arrondis; elle est presque insoluble dans l'eau froide et très-peu soluble également dans l'eau bouillante; elle est complétement insoluble dans l'alcool et l'éther. Elle a les réactions d'une base faible; elle se dissout facilement dans les solutions alcalines, dans l'ammoniaque, d'où l'addition d'un acide la précipite en lames cristallines; elle se combine avec les acides; elle forme, avec l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique, des sels cristallisables. L'azotate de xanthine donne, avec l'azotate d'argent, un précipité plus soluble que le précipité correspondant d'hypoxanthine. Les dissolutions ammoniacales de xanthine sont précipitées par le chlorure de zinc, le chlorure de calcium, l'acétate de plomb. Les dissolutions aqueuses, saturées à froid et bouillies avec de l'acétate de cuivre, donnent des flocons jaune verdâtre. Elles forment, avec le bichlorure de mercure, un précipité qui demande 40,000 parties d'eau pour se dissoudre.

Évaporée avec l'acide azotique, la xanthine laisse un résidu jaune qui devient rouge sous l'influence des solutions de soude, et rouge pourpre par l'action de la chaleur.

Si on ajoute, dans un verre de montre, à une solution alcaline de xanthine un peu de chlorure de chaux, il se forme des grains vert foncé qui passent au brun et disparaissent ensuite.

Guanine $C^5H^5Az^5O$. — La guanine fut découverte en 1844, par Unger dans le guano, par Gorup-Besanez et Will dans les excréments des insectes, dans le pancréas, le foie et les écailles des poissons.

On l'obtient en faisant bouillir le guano avec un lait de chaux, aussi longtemps que le liquide filtré passe coloré, puis avec une solution de soude. On sature la dissolution filtrée avec de l'acide acétique, qui précipite la guanine et l'acide urique. Le précipité, bouilli avec l'acide chlorhydrique étendu, filtré, donne la guanine par l'addition d'ammoniaque. Pour l'extraire du pancréas, Scherer emploie la méthode suivante. L'organe, réduit en petits fragments, est épuisé par l'eau bouillante et maintenu cinq minutes à l'ébullition, puis soumis à l'action de la presse. Le liquide clair est précipité par l'eau de baryte; filtré, et évaporé au bain-marie, après l'addition d'acétate de cuivre. Le précipité, filtré et bien lavé, est dissous dans beaucoup d'eau et d'acide chlorhydrique bouillant, puis décomposé encore chaud par l'hydrogène sulfuré; la dissolution, séparée par le filtre du sulfure de cuivre, donne par évaporation des cristaux de chlorhydrate d'hypoxanthine. Les eaux mères, saturées par l'ammoniaque, évaporées à sec et reprises par l'eau, laissent la guanine insoluble.

La guanine est incolore, amorphe, insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'ammoniaque. Elle se dissout facilement dans les solutions alcalines de potasse ou de soude, et aussi dans les acides même étendus. Oxydée sous l'influence de l'acide chlorhydrique et du chlo-

rate de potassium, elle donne de la guanidine et de l'acide parabanique,

$$\underset{\text{Guanine.}}{C^5H^5Az^5O} + H^2O + 3O = \underset{\text{Acide parabanique.}}{C^3H^2Az^2O^3} + \underset{\text{Guanidine.}}{CH^5Az^3} + CO^2$$

et aussi les produits de décomposition de l'acide parabanique, acide oxalanique, oxalique et urée.

L'acide nitreux transforme la guanine en xanthine.

$$2\underset{\text{Guanine.}}{C^5H^5Az^5O} + Az^2O^3 = 2\underset{\text{Xanthine.}}{C^5H^4Az^4O^2} + 2Az + H^2O$$

L'acide urique, la xanthine, l'hypoxanthine, la guanine, ont une composition semblable, que l'on reconnaît facilement par l'inspection de leurs formules.

Acide urique.	$C^5H^4Az^4O^3$
Xanthine.	$C^5H^4Az^4O^2$
Hypoxanthine.	$C^5H^4Az^4O$
Guanine.	$C^5H^5Az^5O$

Inosite $C^6H^{12}O^6 + 2H^2O$. — L'inosite se trouve dans le sérum des muscles, où Scherer l'a découverte en 1850, et, d'après Cloëtta, dans le foie, la rate, les poumons, les reins, le cerveau. D'après M. Gallois [1], elle se présente en quantité considérable, comme un produit morbide de l'urine, dans une affection particulière, l'inosurie, quelquefois dans l'albuminurie, et peut se substituer au sucre dans le diabète. Elle existe dans diverses plantes, surtout les haricots verts.

Pour obtenir l'inosite des muscles, on se sert des eaux mères qui ont déposé la créatine ; on y projette

[1] *Mémoires de la Société de biologie.* 1864.

de l'acide sulfurique étendu pour précipiter la baryte, on filtre, on agite la dissolution aqueuse avec de l'éther, lequel extrait l'acide lactique et les acides gras volatils; on ajoute ensuite de l'alcool à la solution aqueuse, jusqu'à ce qu'elle commence à se troubler, et on l'abandonne à elle-même. Elle laisse d'abord déposer des cristaux de sulfate de potassium, puis un mélange de ce dernier sel et d'inosite; on sépare par le triage les cristaux d'inosite, et on les purifie par de nouvelles cristallisations dans l'eau.

En ne cherchant pas à extraire la créatine, on peut plus facilement obtenir l'inosite par le procédé suivant, donné par Stædeler. On broie la viande avec son volume de verre pilé, puis on la délaye avec de l'alcool, de manière à obtenir une bouillie peu épaisse; on chauffe et on sépare le liquide par pression. Le résidu ainsi obtenu est mis en digestion, pendant quelques heures, avec de l'eau, à la température de 50° environ, puis le liquide est séparé de nouveau et réuni à la liqueur alcoolique déjà obtenue; on enlève l'alcool par la distillation, et on réduit par l'évaporation le liquide au plus petit volume possible; on précipite l'extrait par l'acétate de plomb neutre, on filtre, puis on précipite de nouveau par l'acétate de plomb basique. Ce dernier précipité contient l'inosite. On le délaye dans l'eau, et, après l'avoir décomposé par l'hydrogène sulfuré et filtré, on obtient des cristaux par évaporation ; on les purifie par une cristallisation dans l'alcool.

L'inosite cristallise en tables rhomboïdales douées

d'une saveur sucrée. Elle s'effleurit dans l'air sec, fond à 210°, se dissout dans 6 parties d'eau à 19° ; elle est insoluble dans l'alcool absolu et l'éther. L'acide nitrique monohydraté la transforme en inosite nitrée. L'acétate basique de plomb la précipite de ses dissolutions. Elle n'est pas attaquée par les solutions alcalines, et ne brunit pas comme la glucose ; elle ne réduit pas le tartrate cupro-potassique, elle donne seulement une coloration verte de laquelle se sépare, au bout de quelque temps, un précipité verdâtre et léger, tandis que le liquide redevient bleu. Elle n'exerce aucune action sur la lumière polarisée. Elle n'éprouve pas la fermentation alcoolique, mais elle se transforme, au contact des matières albuminoïdes en putréfaction, en acide lactique et butyrique.

Une dissolution aqueuse d'inosite, évaporée à siccité dans une capsule avec l'acide azotique, donne un résidu, qui, humecté avec de l'ammoniaque et un peu de chlorure de calcium, et évaporé de nouveau à sec, développe une belle couleur rose.

Acide inosique $C^5H^6Az^2O^6$. — Pour l'obtenir, on traite la viande, finement hachée, par de l'eau à 0 ou à 40°. On coagule la dissolution par l'acide acétique et la chaleur. Dans le liquide filtré, on ajoute de l'eau de baryte, qui entraîne l'acide phosphorique, et on sature l'excès de baryte par l'acide sulfurique ; on évapore le liquide filtré en consistance de sirop ; la créatine cristallise par refroidissement. Quand elle est complétement déposée, on ajoute au liquide qui surnage de l'alcool, jusqu'à ce qu'il se produise un trou-

ble; le précipité est formé par de la créatine et des cristaux d'inosate de baryum, si la baryte n'a pas été complétement enlevée préalablement. L'acide inosique est un liquide sirupeux non cristallisable, peu soluble dans l'alcool, facilement dans l'eau; ses dissolutions se décomposent par l'ébullition. Il forme des sels cristallisables, même avec les alcalis; ceux de cuivre et d'argent sont amorphes et presque insolubles. Ces sels ne se dissolvent ni dans l'alcool, ni dans l'éther.

Dextrine $C^6H^{10}O^5$. — La dextrine a été trouvée dans le foie, la rate, les poumons, les muscles, le sang. Limpricht[1] l'obtient du liquide musculaire. Après avoir séparé la créatine par la méthode de Liebig, il ajoute de l'alcool à la dissolution, et recueille un précipité blanc qui, après plusieurs dissolutions dans l'eau et de nouvelles précipitations par l'alcool, offre les caractères de la dextrine pure.

La dextrine est solide, incolore, amorphe, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool absolu, qui la précipite de ses dissolutions aqueuses en flocons épais et visqueux. Son pouvoir rotatoire à droite, d'après Payen, est 136,68.

Les solutions de dextrine précipitent par l'acétate de plomb ammoniacal et le chlorure stannique, mais non pas l'acétate de plomb neutre ou basique. Elle prend, sous l'influence de l'iode, une coloration rouge vineux, ce qui la différencie de l'amidon et de la fécule soluble.

[1] Limpricht, *Ueber einige Bestandtheile der Fleischflüssigkeit* (*Annalen der Chemie*, B. CXXXIII, S. 296.)

Bouillie avec de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, ou maintenue à 60° avec de la diastase, elle se transforme en glucose.

$$\underset{\text{Dextrine.}}{C^6H^{10}O^5} + H^2O = \underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

Abandonnée à la fermentation avec de la craie et du fromage, elle donne de l'acide lactique ordinaire.

Acide sarkolactique ou paralactique $C^2H^4 \begin{cases} CO^2H \\ OH \end{cases}$. — L'acide lactique existe dans l'économie sous deux variétés : l'acide lactique ordinaire et l'acide sarkolactique, dont il sera seul question ici. Ce dernier se rencontre dans le liquide musculaire, la bile de bœuf, le liquide des kystes de l'ovaire.

On le prépare avec de la viande fraîche, hachée finement, que l'on fait digérer avec de l'eau froide ; on chauffe à l'ébullition pour coaguler l'albumine, puis on ajoute au liquide filtré un excès d'eau de baryte ; on enlève l'excès de baryte par un courant d'acide carbonique ; dans le liquide filtré et évaporé en consistance sirupeuse, on verse de l'acide sulfurique et de l'éther qui dissout l'acide lactique mis en liberté.

La dissolution éthérée évaporée laisse un extrait qui, dissous dans l'eau, saturée par le carbonate de calcium à l'ébullition, fournit du lactate de chaux, lequel décomposé par l'acide sulfurique ou oxalique, donne l'acide lactique libre, que l'on purifie ensuite en le dissolvant dans l'éther.

L'acide sarkolactique se prépare par synthèse, d'après Wislicenus, en chauffant la cyanhydrine du gly-

col avec une solution alcoolique de potasse. La cyanhydrine s'obtient elle-même en faisant réagir une solution alcoolique de cyanure de potassium sur la chlorhydrine du glycol.

$$\underset{\text{Cyanhydrine du glycol.}}{C^2H^4 \left\{ \begin{matrix} C^2Az \\ OH \end{matrix} \right.} + 2H^2O = AzH^3 + \underset{\text{Acide sarkolactique.}}{C^2H^4 \left\{ \begin{matrix} CO^2H \\ OH \end{matrix} \right.}$$

L'acide sarkolactique est un liquide sirupeux, soluble en toutes proportions dans l'eau, l'alcool et l'éther; sa réaction est fortement acide et sa saveur brûlante; il est biatomique et monobasique. Il diffère de l'acide lactique ordinaire surtout par le caractère de ses sels. Il forme un sel de chaux $Ca''(C^3H^5O^3)^2 + {}^4H^2O^{3''}$, contenant une moins forte proportion d'eau de cristallisation que l'acide ordinaire, moins soluble, et demandant seulement 12,5 d'eau froide pour se dissoudre; un sel de zinc $Zn''(C^3H^5O^3)^2 + 2H^2O$, contenant moins d'eau de cristallisation, se dissolvant dans 6 parties d'eau froide et 2,2 d'alcool, tandis que le lactate de zinc ordinaire ne se dissout que dans 58 parties d'eau froide, et difficilement dans l'alcool.

L'acide sarkolactique chauffé à 130 ou 140° perd de l'eau et se transforme en anhydrique lactique $C^6H^{12}O^5$, lequel, dissous dans l'eau chaude, reproduit l'acide lactique ordinaire.

Sels. — Les sels qui restent après l'incinération des muscles renferment souvent des parties solubles, particulièrement des phosphates.

En calculant, avec Keller, la composition totale des cendres de la viande, on trouve :

POUR 100 PARTIES DE VIANDE.

	CENDRE TOTALE.	CENDRE DU BOUILLON.	CENDRE DE LA VIANDE BOUILLIE.
Acide phosphorique. .	36,60	26,24	10,36
Potasse.	40,20	35,42	4,78
Peroxyde de fer.. . .	5,69	3,15	2,54
Acide sulfurique. . .	2,95	2,95	»
Chlor. de potassium. .	14,81	14,81	»
	100,25	82,57	17,60

Le bouillon de viande contient 0,46, le résidu, 0,42 de phosphate de fer.

Analyse du tissu musculaire. — La détermination de l'eau, des cendres, des matières grasses, s'effectue suivant les procédés ordinaires. La méthode suivante a été proposée par Neubauer pour séparer la créatine, la xanthine et l'hypoxanthine ou sarkine.

On réduit en petits fragments 250 grammes de viande; on les mêle avec un poids égal d'eau; on agite le mélange pendant 15 à 20 minutes, en le maintenant à la température de 55 à 60°, jusqu'à ce que l'albumine commence à se coaguler; on exprime, on ajoute 80^{cc} d'eau, on presse une deuxième fois, et on porte le liquide à l'ébullition pour coaguler l'albumine; on filtre, on précipite par l'acétate de plomb en évitant d'en ajouter un grand excès, et, après avoir filtré, enlevé l'excès de plomb par un courant d'hy-

drogène sulfuré, et filtré de nouveau, on concentre le liquide, sans le porter à l'ébullition, jusqu'à ce qu'il soit réduit à 5^{cc} environ, puis après un repos de deux ou trois jours dans un lieu froid, on recueille les cristaux de créatine sur un filtre pesé ; on les lave avec de l'alcool à 80°, on les sèche à 100° et on les pèse. Pour avoir le poids de la créatine sèche, il suffit de multiplier le poids trouvé par le facteur 1,1374.

On évapore l'alcool qui a passé dans les eaux mères, on ajoute assez d'eau pour que la solution occupe 100 ou 150^{cc}; on verse de l'ammoniaque et de l'azotate d'argent, on recueille le précipité sur un filtre, on le lave avec de l'eau ammoniacale, puis on le dissout dans l'acide azotique de 1,1 de densité. L'hypoxanthine se dépose combinée à l'azotate d'argent. On laisse reposer quelques heures, on recueille les cristaux sur un filtre pesé, on lave à l'eau distillée tant que le liquide filtré a une réaction acide, et précipite par l'acide chlorhydrique; on sèche à 100° et on pèse. 100 parties de la combinaison d'argent contiennent 44,45 parties d'hypoxanthine.

Le liquide filtré donne avec l'ammoniaque un précipité qui renferme une combinaison de xanthine et d'oxyde d'argent, on le lave à l'eau ammoniacale, on incinère le filtre séché ; du poids d'argent trouvé, on conclut celui de la xanthine; 100 parties d'argent correspondent à 70,37 parties de xanthine. On peut également enlever l'argent par un courant d'hydrogène sulfuré, porter à l'ébullition, filtrer, et évaporer pour obtenir les cristaux de xanthine pure.

Gaz des muscles. — Les muscles éprouvent de perpétuels changements dans leur composition chimique. Même à l'état de repos, ils subissent des oxydations diverses. Ces modifications sont produites par la respiration musculaire.

Au point de vue le plus général, cette respiration consiste en une absorption d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique. Elle est semblable à celle qui se passe dans tous les organes, et se reconnaît à la transformation du sang artériel, riche en oxygène, en sang veineux, chargé d'acide carbonique.

Les grenouilles se prêtent facilement à la démonstration de ces faits. Humboldt a reconnu que leurs muscles conservent les propriétés vitales plus longtemps dans l'oxygène que dans d'autres gaz non toxiques. Du Bois-Reymond a constaté qu'abandonnés quelque temps dans un gaz inerte, après avoir été complétement privés de sang par des injections dans les artères, ils dégagent encore de l'acide carbonique. Cette observation prouve, de plus, qu'à côté de l'oxygène provenant des milieux ambiants et de celui qu'apporte le sang, les muscles renferment dans leur tissu ce même gaz emmagasiné, et capable, dans certaines circonstances, d'oxyder la substance musculaire et de produire de l'acide carbonique.

On n'a pas encore déterminé nettement la nature des éléments qui sont ainsi brûlés dans le tissu musculaire. Il est probable que les matières grasses, et surtout les hydrates de carbone, qui se transforment exclusivement en eau et en acide carbonique pendant

leur oxydation, doivent avoir dans ces réactions un rôle prépondérant. Ces substances éprouvent aussi des dédoublements. Par une simple transposition de leurs éléments, elles produisent de l'acide lactique qui ne tarde pas à se combiner aux bases et à former des lactates. Le tissu musculaire, à l'état normal, a une réaction alcaline, ou neutre, au papier de tournesol; lorsqu'il est abandonné à lui-même, séparé de l'animal vivant, il devient rapidement acide par l'acide lactique qui prend naissance. Cet acide n'est pas seulement le résultat de changements moléculaires venus après la mort des muscles; il se produit même pendant la vie, dès qu'il y a travail musculaire; il se forme pendant la contraction, il est à son maximum dans le tétanos. Sa présence cause le sentiment de la fatigue. En injectant de l'acide lactique dans le tissu musculaire, Ranke a produit tous les symptômes d'une lassitude extrême. La fatigue musculaire n'est donc pas le résultat de l'usure de la fibre contractile, mais de l'accumulation de produits de décomposition dans le tissu des muscles.

Les expériences de Sczelkow sur la composition des gaz du sang pendant les différents états physiologiques des muscles, fournissent une preuve nouvelle de l'exactitude des théories qui viennent d'être rapportées. Elles prouvent, en effet, que le sang veineux d'un muscle en repos a une coloration veineuse à peine marquée, que pendant la contraction, la circulation s'accélère, la quantité de sang qui passe en un temps donné augmente notablement la température des

muscles, et le sang prend une couleur brune beaucoup plus foncée.

Il a obtenu, comme moyenne de ses analyses, les chiffres suivants :

	AZOTE.	OXYGÈNE.	ACIDE CARBONIQUE.
Sang artériel des veines.	1,23	15,23	26,71
Sang veineux des muscles en repos. .	1,13	6,70	33,20
Sang veineux des muscles en travail. .	1,12	2,97 ?	36,38 ?

L. Hermann, étudiant le liquide musculaire, préparé suivant la méthode de Kühne, à l'aide de la pompe à mercure, ne recueillit pas d'oxygène et n'isola que de l'azote et de l'acide carbonique, tant en dissolution qu'en combinaison. Encore est-il douteux que ce dernier appartînt en propre au liquide des muscles.

Szumowsky, dans l'analyse des mêmes gaz, trouva peu d'oxygène, de petites quantités d'azote simplement absorbé et d'acide carbonique libre ou combiné. 100 parties de muscles fournirent 19,39 de gaz, soit :

Acide carbonique.	14,4
Azote.	4,9
Oxygène.	0,09

Contractilité. — La propriété caractéristique des muscles est d'être contractile, c'est-à-dire de se raccourcir sous diverses influences. Pendant la vie, l'excitation des nerfs qui se rendent à un muscle, en

amène la contraction, et on a cru longtemps que l'intervention du système nerveux était nécessaire pour la produire; mais les observations physiologiques de M. Bernard sur l'action toxique du curare, qui soustrait complétement le système musculaire à l'influence du système nerveux, sans altérer les propriétés fondamentales des nerfs, ont prouvé l'indépendance de ces deux systèmes.

La contractilité persiste après la mort, pendant un temps variable, chez les diverses espèces animales et chez le même individu, suivant le muscle observé.

Tous les muscles perdent cette propriété quand ils sont dépourvus de sang artériel, ils la reprennent dès qu'on les soumet de nouveau à l'influence réparatrice de ce liquide nourricier; donc il existe un rapport entre la contractilité et les phénomènes de combustion qui s'accomplissent dans la trame des vaisseaux capillaires des muscles.

La contraction augmente de beaucoup l'énergie des changements moléculaires qui se passent dans les muscles. Si on opère avec des muscles en rapport avec une atmosphère d'oxygène, la production d'acide carbonique s'élève, tant par l'action de l'air ambiant, que par la formation d'acide carbonique aux dépens de l'oxygène emmagasiné dans les tissus. Dans un bocal de verre fermé, Matteucci a placé cinq grenouilles préparées à la Galvani; dans un second bocal de même dimension, il a introduit cinq autres grenouilles parfaitement semblables, dont les muscles étaient mis en contraction au moyen d'un appareil d'induction. Au

bout de sept ou huit minutes, il a retiré les deux groupes de grenouilles, et il a analysé l'air des deux bocaux. Il a constamment trouvé une quantité d'acide carbonique plus considérable dans le bocal où les grenouilles s'étaient contractées, que dans celui où elles s'étaient maintenues immobiles.

La quantité d'urée éliminée par les reins devient beaucoup plus considérable dans les premiers temps de la contraction ; preuve que les matières albuminoïdes sont alors décomposées elles-mêmes en proportion plus grande. Voit a montré que cette augmentation d'urée est passagère, et n'a lieu que dans les premiers instants. On retombe sur les chiffres de l'excrétion normale, quand on dose la quantité d'urée éliminée en vingt-quatre heures, après les périodes successives de travail et de repos. Ranke est arrivé au même résultat en opérant sur l'homme. Il y a donc antagonisme entre la quantité d'urée éliminée pendant la contraction et pendant le repos des muscles, de telle sorte qu'après un temps suffisant, on ne trouve aucune différence dans les oxydations qui se sont produites au sein de l'organisme.

Chaleur animale. — La transformation des forces par voie d'équivalence fait comprendre que le mouvement ou travail mécanique des muscles est en rapport avec la production de chaleur. Longtemps des considérations théoriques, proposées par Liebig, puis par Odling, firent regarder la chaleur comme due à l'oxydation des aliments, et le travail mécanique à l'oxydation des muscles. Meyer, s'appuyant sur des calculs parti-

culiers, montra que cette opinion ne pouvait être défendue. Il affirma que les 15 livres de muscles secs que possède un homme, pesant 150 livres, seraient complétement oxydés en quatre-vingts jours, s'ils étaient employés pour produire du travail mécanique. Il considéra les muscles comme des appareils au moyen desquels la transformation des forces s'effectue, sans que leur propre substance éprouve de changements chimiques, et il admit que l'on devait chercher dans les matériaux apportés par le sang, la source de la chaleur et du mouvement.

Cette doctrine de Meyer a été mise hors de contestation par des expériences directes. On s'appuie sur le principe suivant : Si le travail mécanique accompli pendant une action musculaire est plus grand que celui qui peut être engendré par la quantité de muscles oxydés pendant le même temps, il s'ensuit nécessairement que le pouvoir des muscles ne provient pas exclusivement de l'oxydation de leur substance.

On doit donc tout d'abord déterminer la quantité d'énergie effective, engendrée par la combustion dans l'oxygène d'une certaine quantité de muscles, puis déduire du nombre obtenu la quantité d'énergie restant encore dans les produits d'oxydation éliminés, sous forme d'acide urique, d'acide hippurique et surtout d'urée, seuls produits qui conservent encore quelque énergie effective au moment de leur excrétion. Frankland a effectué cette dernière détermination, et a trouvé que 1 gramme de muscle desséché, purifié par l'éther et ramené par combus-

tion à l'état d'urée, fournit 4,368 unités de chaleur.

Il faut ensuite mesurer la quantité de force mécanique exercée par les muscles du corps pendant un temps donné, et la quantité de muscle oxydé pendant le même temps.

Fick et Wislicenus ont exécuté ces déterminations en Suisse à la fin d'août 1865. Ils partirent du lac de Brienz et montèrent à pied pendant cinq heures et demie, pour arriver au sommet du Faulhorn, élevé au-dessus du lac de 1,956 mètres. Fick pesait 66 kilogrammes, Wislicenus 76 kilogrammes. En multipliant la hauteur d'ascension par le poids de chacun des observateurs, on trouve que le travail extérieur utile accompli est égal à 129,096 unités, pour Fick, et à 148,656 unités, pour Wislicenus. Ces chiffres sont trop faibles, ils n'expriment pas la totalité du travail exécuté pendant l'ascension, mais seulement celui qui est nécessaire pour déplacer le poids du corps, suivant la verticale; il faut y ajouter tout le travail produit par les mouvements de la tête, des bras, etc., celui perdu dans quelques descentes ou sur des terrains plats, celui dépensé par les mouvements du cœur, du diaphragme, etc. Fick faisait 35 respirations par minute, son pouls battait 120 pulsations par minute. Malheureusement, ce travail intérieur, qui se transforme à la fin en chaleur sensible, ne peut être évalué, et est perdu pour le travail extérieur. Fick et Wislicenus regardent les chiffres qui expriment le travail utile d'ascension verticale, comme représentant à peine la moitié de la force mécanique dépensée réellement.

Un jour avant leur ascension, Fick et Wislicenus se soumirent à un régime exempt de matière azotée. Ils le continuèrent six heures encore après leur arrivée au sommet de la montagne. Ils recueillirent l'urine sécrétée pendant la durée de l'ascension et celle des six heures qui suivirent. Ils la soumirent à l'analyse et eurent ainsi le poids de l'urée rendue pendant les cinq heures et demie d'ascension et les six heures de repos qui suivirent. Ils constatèrent que Fick avait brûlé $37^{gr},17$ de matières azotées desséchées, qui, ramenées à l'état d'urée, représentent 168,36 unités de chaleur, dont l'équivalent mécanique est 69,003 unités de travail disponible ; tandis que dans le même temps il avait produit 129,096 unités de travail utile, et que Wislicenus avait brûlé 37 grammes de matières azotées sèches qui, ramenées à l'état d'urée, représentent 161,62 unités de chaleur, dont l'équivalent mécanique est 68,689 unités de travail disponible, tandis que dans le même temps il avait produit 148,565 unités de travail utile.

On voit, par ces chiffres que, même en supposant toute l'urée produite par la combustion des muscles, on n'arrive à représenter que les cinquante-trois centièmes du travail mécanique exécuté par Fick, et les quarante-six centièmes du travail mécanique exécuté par Wislicenus.

Par conséquent, la combustion des matières albuminoïdes qui forment le tissu musculaire n'aurait pu fournir environ que la moitié du travail utile nécessaire pour effectuer l'ascension du Faulhorn. Les

muscles sont donc des machines destinées à convertir l'énergie potentielle en forces mécaniques. Ces forces proviennent principalement de l'oxydation des substances contenues dans le sang, et non pas de l'oxydation des muscles eux-mêmes.

Chez l'homme, les principales substances employées à produire le pouvoir musculaire sont non azotées, mais les substances azotées peuvent aussi servir au même objet, et de là la grande augmentation de l'évolution de l'azote sous l'influence d'une nourriture animale. Comme toutes les autres parties du corps, les muscles se renouvellent constamment, mais ce renouvellement n'est pas probablement plus rapide pendant une grande activité musculaire que pendant un repos comparatif.

Il suffit donc, pour l'alimentation normale de l'homme, d'une quantité de substances albuminoïdes suffisante pour le renouvellement de la fibre musculaire; le reste des matières nutritives nécessaires au jeu régulier des fonotions et à l'entretien de la vie, peut être cherché aussi bien parmi les matières ternaires non azotées que parmi les substances quaternaires.

TISSU ÉPITHÉLIAL

Tissu épithélial. — L'épithélium, ou épiderme, est un tissu constitué par des cellules serrées qui tapissent, en couches d'inégale épaisseur, les surfaces internes et externes du corps, les canaux excréteurs, et même les cavités closes.

Les épithéliums se divisent en épithélium de revêtement et épithélium glandulaire. Ils sont, suivant la forme des cellules, pavimenteux, cylindrique, cylindrique à cils vibratiles.

Épithélium de revêtement. — L'épithélium pavimenteux de revêtement se trouve sur la peau, plusieurs muqueuses, les séreuses, la tunique interne de tout l'appareil vasculaire. Il est formé tantôt par une seule couche de cellules aplaties, reliées par une substance intercellulaire à peine appréciable, et contenant un noyau et plusieurs nucléóles; tantôt par des couches stratifiées, plus ou moins épaisses, de cellules engrenées les unes dans les autres, dont les plus superficielles, sont écailleuses et prennent quelquefois l'aspect corné. Les plexus choroïdes, les procès ciliaires, sont constitués par un épithélium pavimenteux ayant l'apparence d'une mosaïque, et renfermant des granulations pigmentaire ou mélanine. Dans la peau, les couches superficielles deviennent la couche cornée, les ongles, les poils, etc.

L'épithélium cylindrique tapisse le canal intestinal du cardia jusqu'à l'anus, les canaux des glandes qui s'ouvrent dans l'intestin, et diverses glandes. Il résulte de la réunion d'une simple couche de cellules minces, verticales, de formes diverses, et ayant un noyau. Sur la muqueuse de l'intestin grêle, les cellules sont terminées à leur bord libre par un plateau strié.

L'épithélium cylindrique à cils vibratiles n'est autre chose qu'une cellule cylindrique, portant de 10 à 30 cils de longueur variable; il recouvre la presque

totalité des muqueuses respiratoires, nasale, utérine, etc.

Épithélium glandulaire. — L'épithélium des glandes repose sur une couche hyaline qui paraît être du tissu conjonctif. Les cellules versent leur produit soit par une simple ouverture, soit en se remplissant du liquide sécrété, et en s'éliminant avec lui.

Kératine. — Les épithéliums, l'épiderme, et les tissus qui en dépendent, corne, ongle, laine, cheveux, plumes, etc., ont pour caractère spécial de contenir une substance particulière nommée kératine. On l'obtient en épuisant l'épiderme, les cheveux, la corne, les ongles, avec l'eau, l'alcool et l'éther, tant que ces dissolvants enlèvent des sels ou des matières grasses. La substance fournie par l'épiderme a donné à l'analyse :

Carbone.	50,28
Hydrogène.	6,76
Azote.	17,21
Oxygène.	25,01
Soufre.	0,74

Cette composition centésimale varie d'ailleurs selon l'origine du produit. Elle se rapproche de celle des matières albuminoïdes, mais contient plus de soufre et d'azote, et moins de carbone. La kératine est donc une substance encore mal connue; peut-être n'est-elle qu'un mélange de diverses matières.

TISSU GLANDULAIRE

Les glandes sont essentiellement formées par des acinis. Chaque acini représente un cul-de-sac limité

par une membrane externe contenant des noyaux plats et une couche interne de cellules en forme de pyramide, ayant le sommet tourné vers le centre de l'acini et la base vers les parois du cul-de-sac. Les cellules sécrètent des mucus ou des ferments. Dans le premier cas, elles sont très-grandes; dans le second, elles ont l'aspect granuleux. Les acinis sont séparés par des fentes analogues à celles qui existent entre les fibres du tissu conjonctif, et également remplies de lymphe.

Les cellules des glandes qui produisent du mucus, celle de la glande sous-maxillaire, par exemple, sont globuleuses et ont des prolongements granuleux. De plus, sur le bord des culs-de-sac, entre les cellules muqueuses et la membrane limitante, il existe d'autres petites cellules granuleuses, greffées les unes avec les autres de manière à former des croissants. Elles renferment un noyau sphérique, maintenu par une substance granuleuse sur la face qui est en rapport avec la membrane du cul-de-sac.

Mucus. — Le mucus est un liquide filant, gluant et épais. Il forme sur les parois qui le sécrètent une couche plus ou moins épaisse et adhérente, destinée à faciliter les échanges gazeux et à servir aux membranes d'enduit protecteur contre certains agents chimiques. Il est inodore, insipide, incolore, quelquefois cependant trouble et blanc jaunâtre.

Il contient :

Des cellules épithéliales ou glandulaires de la muqueuse dont il provient;

Des corpuscules de mucus complétement semblables aux leucocytes, ou globules blancs du sang, avec lesquels ils semblent devoir être complétement assimilés ;

De la mucine ;

Des traces de matières grasses ;

De la cholestérine et quelques matières organiques ;

Des sels minéraux.

Les mucus nasal, laryngien, bronchique, buccal, utérin, vaginal, etc., présentent, suivant leur origine, des différences, par leurs caractères physiques, par les éléments anatomiques qui s'y trouvent en suspension, peut-être par leur composition chimique, mais il y a encore beaucoup d'obscurité sur ce dernier point.

Mucine. — La mucine se produit par l'action de l'eau sur le tissu muqueux et réticulé. Elle se rencontre dans diverses sécrétions : bile, synovie, urine normale, dans les crachats et les produits de la muqueuse des bronches et du canal intestinal, dans quelques tumeurs ovariques, la grenouillette, etc.

Rollett l'a obtenue avec les tendons. On les fait bouillir avec une grande quantité d'eau de chaux ou de baryte, et on précipite la solution filtrée par un excès d'acide acétique. On lave avec de l'eau chargée d'acide acétique, jusqu'à ce que le cyanoferrure de potassium ne produise plus de précipité, puis avec de l'alcool, et on obtient un produit à peu près exempt de matières albuminoïdes.

Eichwald[1] emploie l'*helix pomatia*. Il les broie avec du sable, les fait bouillir avec de l'eau, filtre à chaud, et décompose par l'acide acétique le liquide filtré, qui contient peu d'albumine, mais beaucoup d'albuminates alcalins et de peptone du sérum. Au bout de quelques heures, il décante le liquide qui surnage le précipité complétement réuni en flocons, et lave avec de l'eau mêlée d'acide acétique, jusqu'à ce que le liquide filtré ne précipite plus par le tannin, et enfin le met en digestion avec de l'eau de chaux dans un lieu froid. La mucine se dissout. Après avoir filtré, il la précipite par l'acide acétique; et la lave avec de l'eau acidulée par ce même acide tant que le liquide qui passe se trouble par le tannin, ce qui indique la présence de la peptone, puis avec de l'eau pure, et enfin avec de l'alcool.

Une méthode semblable fournit la mucine des tissus et des liquides de l'organisme des animaux. Si la dissolution est d'une consistance peu épaisse, on la traite par un excès d'acide acétique concentré, et on la chauffe à 40° pendant quelque temps. Si, au contraire, la substance est visqueuse comme les crachats qui viennent du poumon, on les additionne d'un peu d'eau jusqu'à ce qu'ils soient devenus fluides, et on ajoute un excès d'acide; on laisse reposer le liquide trouble, qui contient la mucine et souvent aussi des substances albuminoïdes; on lave plusieurs fois par décantation, puis sur un filtre, avec de l'eau chargée

[1] Eichwald, *Ueber das Mucin* (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, B. CXXXIV, S. 177. 1865).

d'acide acétique, tant que les eaux de lavage précipitent par le cyanoferrure du potassium et par le tannin; on entraîne ensuite l'excès d'acide en versant de l'eau sur le filtre, puis on traite par un lait de chaux, et on précipite la dissolution limpide par l'acide acétique.

Pour extraire la mucine de la bile, on la filtre, on ajoute de l'alcool; on lave le précipité avec de l'alcool étendu, on le dissout dans l'eau de chaux, et on le précipite par l'acide acétique. Stædeler a obtenu la mucine avec les glandes salivaires; il les broie, les lave avec de l'eau pour enlever le sang, étend le résidu de beaucoup d'eau, et filtre; il ajoute au liquide de l'acide acétique, et obtient un précipité floconneux qu'il lave à l'alcool et à l'éther pour lui enlever les matières grasses.

La mucine est une substance floconneuse d'une couleur qui varie du blanc au brun, insoluble dans l'eau, dans laquelle elle se gonfle considérablement. Agitée avec de l'eau en grand excès, elle simule une dissolution, mais se dépose en grande partie par le repos; ce qui reste en suspension se précipite, mais incomplétement, par l'addition d'une nouvelle quantité d'eau; une petite quantité de mucine reste encore, peut traverser les filtres et ne se dépose que lentement, par un repos prolongé. La mucine en suspension dans l'eau se précipite par l'alcool en flocons, qui deviennent bientôt épais et compactes; un excès d'acide organique ne modifie pas ce précipité, ni les acides minéraux assez étendus d'eau pour dissoudre l'albumine. Concentrés moyennement, les acides minéraux la dis-

solvent partiellement en formant un liquide mousseux; concentrés, ils la dissolvent immédiatement, et la laissent se précipiter dès qu'on ajoute un alcali, ou seulement lorsqu'on les étend d'eau; l'acide carbonique ne la précipite pas de ses dissolutions; les autres acides la séparent immédiatement. Les alcalis, les terres alcalines, la dissolvent avec la plus grande facilité.

Les dissolutions neutres ou faiblement alcalines de mucine ne sont pas troublées par le sulfate de cuivre, le sublimé corrosif, l'azotate d'argent, le chlorure de fer, l'acétate neutre de plomb, le cyanoferrure de potassium, ni le tannin; elles le sont, au contraire, par l'acétate basique de plomb.

Avec le réactif de Millon, la mucine donne une coloration rose.

Contrairement à l'opinion de Rollett, Eichwald regarde le suc pancréatique acide, neutre ou alcalin, comme sans action sur la mucine.

Elle a donné à l'analyse :

Carbone.	53,62
Hydrogène.	7,15
Azote.	13,18
Oxygène.	26,05

SYNOVIE

La synovie est un liquide clair, incolore ou jaunâtre. visqueux, alcalin. Elle renferme les cellules d'épithélium de la membrane synoviale qui l'a sécrétée, des sels minéraux, de la mucine et de l'albumine. Elle ne diffère du mucus que par la présence de ce dernier élément.

CHAPITRE IV

LIQUIDES SÉREUX

Les liquides séreux comprennent les sécrétions normales ou pathologiques des membranes séreuses, le plasma du sang lui-même, etc. Ils sont tantôt transparents et incolores, tantôt plus ou moins épais et colorés par les matières grasses, la cholestérine, le sang, le pus, etc. Leur réaction est alcaline, leur composition très-variable. On y trouve les substances qui produisent la fibrine, fibrinogène et substance fibrino-plastique, des matières albuminoïdes, des matières grasses, le sucre, l'urée, la leucine, la cholestérine, etc.

On a décrit dans quelques liquides anormaux, sous le nom de métalbumine, paralbumine, hydropisine, plusieurs substances semblables à l'albumine par l'ensemble de leurs caractères, mais qui s'en distinguent par quelques réactions spéciales.

Métalbumine. — La métalbumine se trouve surtout dans le liquide de l'hydrocèle, de l'ascite, de l'hy-

groma. Elle donne avec l'alcool un précipité soluble dans l'eau, ce qui la distingue de l'albumine. Elle se trouble par l'action de la chaleur, surtout quand les dissolutions ont été préalablement acidulées par l'acide acétique. L'acide azotique, l'acide phénique la coagulent; le cyanoferrure de potassium, en présence d'acide acétique, ne trouble pas les dissolutions étendues. Le sulfate de magnésie la précipite seulement en présence d'acide acétique.

Paralbumine. — La paralbumine se rencontre principalement dans le liquide des kystes de l'ovaire. Elle se présente souvent en masse visqueuse, épaisse, quelquefois demi-solide. Elle se dissout dans l'eau à la faveur de son alcali, et se précipite par l'addition d'un excès d'eau, d'acide acétique très-étendu, ou par un courant d'acide carbonique. L'acide acétique concentré ne la trouble pas; l'alcool la coagule, et le précipité se dissout lentement dans l'eau.

Hydropisine. — On a trouvé l'hydropisine dans le liquide de l'ascite et de l'hydrocèle. Elle donne avec l'alcool un précipité insoluble dans l'eau; elle a tous les caractères de l'albumine; elle en diffère par le précipité que le sulfate de magnésie forme dans ses dissolutions. Cette réaction semble devoir la faire assimiler avec la fibrine soluble de Denis.

LIQUIDE CÉRÉBRO-RACHIDIEN

Le liquide cérébro-rachidien est placé entre la pie mère et le feuillet viscéral de l'arachnoïde. Il renferme

les éléments ordinaires de la sécrétion des séreuses, et un corps particulier, décrit d'abord par M. Bussy, qui présente plusieurs caractères des sucres. Cette substance réduit le tartrate de cuivre et de potasse, le sous-nitrate de bismuth, dans les solutions alcalines ; mais elle est sans action sur la lumière polarisée, et non fermentescible ; elle paraît identique avec une matière que Bœdeker signala dans l'urine sous le nom d'alcaptone. M. Bernard y a constaté la présence du sucre. Le liquide cérébro-spinal est alcalin, ne se coagule pas par le repos, il contient l'albumine à l'état d'albuminates, et très-peu de matières minérales.

HUMEUR VITRÉE

Située dans les deux tiers postérieurs de l'œil, l'humeur vitrée est transparente, inodore, sa saveur salée, sa réaction alcaline ; elle se coagule par les alcalis, les acides, et sous l'influence de divers sels, comme l'acétate de plomb, en prenant un aspect strié ; elle ne se trouble ni par la chaleur, ni par l'alcool. Elle possède, d'après Lohmeyer, la composition suivante :

Eau.	986,400
Éléments solubles.	13,600
Substance filamenteuse. . . .	0,210
Albumine.	1,360
Matière extractive.	3,224
Chlorure de potassium.	0,605
— de sodium.	7,757
Sulfate de potassium.	0,148
Phosphate de magnésium. . . .	0,032
Carbonate de calcium.	0,133
Phosphate de calcium. . . .	0,101

HUMEUR AQUEUSE

L'humeur aqueuse, située dans la chambre antérieure de l'œil, est un liquide fluide, incolore et transparent ; elle ne se trouble pas par la chaleur, quoiqu'elle renferme de petites quantités d'albumine coagulable ; elle est faiblement alcaline. Sa densité est d'environ de 0,005. Lohmeyer a trouvé à l'analyse :

Eau.	986,870
Éléments solides.	13,130
Albumine.	1,223
Matière extractive.	4,210
Chlorure de potassium.	7,113
— de sodium.	6,890
Sulfate de potassium.	0,221
Phosphates divers.	0,473

LARMES

Les larmes forment un liquide clair, incolore, alcalin, d'une saveur salée. Elles ont pour composition, d'après Lerch :

Eau.	982,0
Éléments solides.	18,0
Albumine.	5,0
Chlorure de sodium.	13,0

Analyse des liquides séreux. — A l'exception du liquide céphalo-rachidien, les liquides séreux renferment de l'albumine et plusieurs éléments de nature albuminoïde, souvent confondus les uns avec les autres et qu'on peut, d'après Hoppe Seyler, séparer de la manière suivante :

Quelques-uns contiennent de la fibrine qui se sépare par le repos ; la plupart ne se coagulent pas. On additionne ces derniers de quelques gouttes d'acide acétique étendu, et on y fait passer un courant d'acide carbonique qui précipite la globuline et les albuminates ; on filtre le liquide obtenu, et, en le portant à l'ébullition, on précipite l'albumine.

On sépare le précipité de globuline et d'albuminates de la plus grande partie du liquide qui surnage ; on le maintient en suspension, et on le divise en deux parts. Dans la première, on ajoute quelques gouttes d'une dissolution concentrée de chlorure de sodium ; le précipité se dissout, s'il contient de la myosine ; il reste inaltéré, s'il renferme de la caséine, des substances qui produisent la fibrine, ou de la syntonine.

A la deuxième partie on ajoute le double en volume d'eau contenant 1 millième d'acide chlorhydrique ; le précipité se dissout, s'il est formé par de la myosine, par des substances qui produisent la fibrine ou par de la caséine.

Dans une autre partie du liquide séreux on ajoute quelques gouttes de sang défibriné ; il se coagule de nouveau avec précipitation de fibrine, si la substance contient de la substance fibrinogène. Si, au contraire, la coagulation se produit par l'addition du liquide de l'hydrocèle ou de la sérosité du péricarde du veau, cette réaction indique la présence de la substance fibrino-plastique ou globuline.

Lorsque le liquide séreux contient de la mucine, il donne par l'acide acétique un précipité insoluble dans

un excès même, en présence du chlorure de sodium; si, au contraire, il renferme de la paralbumine, le précipité se dissout dans un excès d'acide acétique.

D'autres substances existant quelquefois dans les liquides séreux, nécessitent des recherches particulières.

Pour trouver la glucose, on ajoute quelques gouttes d'acide acétique, et on coagule l'albumine par la chaleur. Dans la solution filtrée, on reconnaît la glucose par la liqueur de Fehling ou la réaction de Bœttger, et on la dose avec le polarimètre.

Urée. — On additionne la sérosité avec trois fois son volume d'alcool, on laisse reposer quelque temps, on filtre et on évapore la dissolution, dans laquelle on cherche l'urée par les moyens ordinaires.

Leucine et tyrosine. — On précipite par l'acétate de plomb, et on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans le liquide filtré; on filtre de nouveau, et on évapore en consistance de sirop; on traite le résidu par l'alcool, qui dissout la leucine impure et laisse presque toute la tyrosine insoluble; on filtre, on évapore la liqueur alcoolique, on ajoute au résidu de l'ammoniaque, et on verse de l'acétate de plomb; on recueille le précipité, qui contient la leucine, et on le décompose par un courant d'hydrogène sulfuré; on filtre et on évapore jusqu'à cristallisation de la leucine.

L'acide urique se rencontre quelquefois dans les liquides séreux; il se retrouve en coagulant l'albumine par la chaleur, filtrant sur une toile et évaporant à

sec. On fait ensuite bouillir le résidu avec beaucoup d'eau, et on filtre chaud. Le liquide obtenu, mêlé avec de l'acide acétique, abandonné quelques jours au refroidissement, laisse déposer l'acide urique en cristaux.

La manière de rechercher dans les liquides séreux, la créatine, la créatinine, les acides gras, lactique, succinique, n'offre rien de particulier.

CHAPITRE V

ORGANES LYMPHOÏDES

RATE

La rate est constituée par une enveloppe fibreuse et un parenchyme mou. L'enveloppe fibreuse est une membrane demi-transparente assez mince, mais très-résistante, qui, au niveau du hile de la rate, pénètre dans l'intérieur de l'organe en formant une gaîne particulière aux vaisseaux; elle est constituée par du tissu conjonctif ordinaire, renfermant des fibres élastiques.

Le parenchyme mou est formé de cloisons solides, *trabécules spléniques*, et d'une substance rouge, *pulpe splénique*, qui renferme elle-même les *corpuscules de la rate*.

Les trabécules spléniques sont des fibres blanches, brillantes, qui naissent de la face profonde de l'enveloppe fibreuse et de la surface externe des gaînes vasculaires; ils s'unissent entre eux dans l'épaisseur de la rate, de manière à constituer un réseau qui s'é-

tend dans tout l'organe. Leur structure est la même que celle de l'enveloppe fibreuse.

Les corpuscules de la rate ou corpuscules de Malpighi sont de petits corps blancs arrondis, de $0^{mm},22$ à $0^{mm},73$ de diamètre, qu'on trouve au milieu de la substance rouge de la rate en connexion avec les artères d'un petit volume. Ils sont formés d'une enveloppe de tissu conjonctif mêlé de fibres élastiques, et d'un contenu consistant en liquide albumineux renfermant des cellules de diverses grandeurs et des noyaux libres.

La pulpe splénique est une substance molle rougeâtre, formée de trois éléments : des vaisseaux les plus fins de la rate, de fibres et de trabécules microscopiques, d'un parenchyme de cellules spéciales, semblables à celles qui se trouvent dans les globules de Malpighi.

La pulpe splénique présente chez l'homme et les animaux une coloration qui varie avec l'époque de l'observation, et qui dépend de l'état variable des globules du sang qu'elle renferme, car c'est aux globules qu'elle doit sa couleur. Sur certains animaux, elle est tantôt pâle ou d'une couleur grisâtre, tantôt d'un rouge brun ou même noir. Dans ce premier cas, on trouve dans la pulpe splénique une multitude de globules sanguins modifiés; dans le dernier cas, des globules non modifiés.

La rate, soumise à la pression, donne un liquide et laisse une masse amorphe possédant la plupart des propriétés du tissu conjonctif. Le liquide est le produit qui a été particulièrement soumis à l'analyse; il con-

tient des quantités considérables de globules sanguins dont on le débarrasse difficilement. Filtré, il a une réaction acide, inverse de la réaction neutre ou faiblement alcaline de la pulpe splénique. Il se coagule par la chaleur et donne une masse rougeâtre, colorée par de l'hémoglobine; il renferme encore de l'albumine soluble et des albuminates précipitables par l'acide acétique, des matières grasses, de la cholestérine, des acides gras, lactique, de l'inosite, leucine, acide urique, sarkine, hypoxanthine, tyrosine, taurine et des sels minéraux.

Gerlach, Schaffner, Funke, disent que les modifications que le sang éprouve dans la rate sont en rapport avec une formation nouvelle de globules. Ils considèrent la rate comme le lieu où prennent naissance les globules du sang. Ecker et Kœlliker la regardent, au contraire, comme un organe où se produit la dissolution des globules sanguins; Kœlliker admet d'ailleurs que la transformation des globules du sang n'a pas normalement lieu dans le tissu splénique, mais qu'elle se passe dans l'intérieur des vaisseaux.

Matière amyloïde. — La matière amyloïde est un produit de dégénérescence de certains organes, foie, rate, rein, ganglions lymphatiques, muqueuse des voies digestives, mésentère, capsule surrénale; plus rarement, elle se trouve dans le poumon, la muqueuse des voies urinaires, la prostate, la langue, etc. Elle se développe sous l'influence de causes diverses, particulièrement des cachexies, lorsque l'organisme est affaibli par des affections chroniques de longue durée.

M. Hayem[1], à qui on doit les travaux les plus précis sur la matière amyloïde, la décrit comme une substance hyaline presque complétement transparente, d'un reflet grisâtre ou très-légèrement bleuâtre. Elle s'offre, sous le champ du microscope, sous la forme de concrétions de dimensions variées, tantôt isolées, tantôt réunies en blocs plus ou moins fendillés. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther; elle se gonfle dans l'acide acétique concentré et disparaît dans les solutions alcalines. La teinture d'iode la colore en rouge; le chlorure de zinc iodé lui donne une coloration rouge encore plus foncée. Après l'action de l'iode, si on ajoute une petite quantité d'acide sulfurique, on obtient une coloration bleuâtre ou d'un violet sale.

La matière amyloïde a été analysée par Friedreich et Kekule sur un fragment de rate qui avait subi la dégénérescence cireuse. Ils la soumirent à des lavages à l'eau froide et chaude, à l'alcool, à l'éther; ils parvinrent à séparer mécaniquement les débris des vaisseaux et recueillirent enfin la matière sensiblement pure. Elle donna à l'analyse des chiffres qui se confondent avec ceux des matières albuminoïdes.

GLANDE THYROÏDE

La glande thyroïde est sans conduit excréteur; elle est composée de grosses vésicules glandulaires, sphériques, closes de toutes parts, de $0^{mm},04$ à $0^{mm},1$ de

[1] Hayem, *Mémoires de la Société de Biologie*, p. 205. 1864.

diamètre. Ces vésicules glandulaires sont formées d'une membrane propre, d'un épithélium et d'un contenu transparent visqueux, dans lequel la chaleur et l'acide azotique font reconnaître une grande proportion d'albumine. Les lobules sont séparés par des cloisons incomplètes de tissu fibreux, formé de tissu conjonctif mêlé de fibres élastiques.

Les substances qui entrent dans sa composition sont: la leucine, la xanthine, l'hypoxanthine, les acides gras, l'acide succinique. Elle précipite par l'alcool et par l'acide acétique, et paraît contenir de la mucine. Elle contient des globules de sang déformés et de l'hématine, de la cholestérine et aussi de la bilirubine.

Thymus. — Le thymus est un organe d'apparence glanduleuse qui appartient à la vie fœtale. Il est composé de deux lobes inégaux, divisés eux-mêmes en lobules et granulations, et est entouré d'une enveloppe celluleuse formée de tissu conjonctif et de fibres élastiques. On a trouvé, tant dans le thymus de l'homme que dans celui des animaux, de l'eau, de l'albumine soluble, de la leucine, hypoxanthine, xanthine, des acides volatils, formique, acétique, succinique, lactique, du sucre; dans les cendres, la potasse, soude, chaux, magnésie, les acides phosphorique, chlorhydrique, sulfurique, et des sels ammoniacaux.

CHAPITRE VI

RESPIRATION

DES POUMONS

Les poumons doivent être regardés comme une glande qui excrète un produit gazeux, l'acide carbonique, et qui absorbe l'oxygène. Ils rentrent dans la série des glandes auxquelles les recherches modernes ont reconnu la double fonction d'extraire du sang certains matériaux et d'y introduire de nouveaux éléments.

Le tissu pulmonaire offre l'aspect d'un tissu spongieux ou vésiculeux dont les cellules sont remplies d'air. Ces cellules se réunissent en groupes, indépendants les uns des autres, nommés lobules du poumon et séparés entre eux par du tissu conjonctif interlobulaire.

Dans leur ensemble les poumons résultent de la réunion d'une multitude innombrable de ces lobules couchés sur les tuyaux bronchiques, et des vaisseaux qui leur servent de soutien ou de charpente, et auxquels ils sont appendus par des pédicules. Ces lobules sont

réunis par un peu de tissu conjonctif séreux interposé, et par une enveloppe commune, la plèvre, qui fait un tout unique d'un si grand nombre de parties. Chaque lobule reçoit un canal aérien et un vaisseau artériel; il émet une ou plusieurs veines et des vaisseaux lymphatiques.

Les cavités lobulaires dans lesquelles se terminent les dernières ramifications bronchiques s'ouvrent dans une cavité commune, par l'intermédiaire de laquelle seulement ils communiquent avec un petit ramuscule bronchique. Cette cavité se présente sous la forme d'une dilatation conoïde ou fusiforme, dont les parois sont garnies dans toute leur étendue de dépressions hémisphériques s'ouvrant dans la cavité commune par un orifice arrondi.

Les lobules primitifs du poumon ont des parois extrêmement minces, résultant de la fusion de la muqueuse bronchique et de la membrane fibreuse, qui la doublent extérieurement. La couche musculaire ayant complétement disparu, on ne trouve qu'une membrane amorphe hyaline, sur la face de laquelle s'étend un réseau de fibres élastiques, et qui renferme dans son épaisseur des noyaux ovalaires et le réseau des capillaires sanguins.

Les substances qui entrent dans la composition des poumons dérivent des tissus mêmes dont ils sont formés : matières albuminoïdes, chondrine, mucine. Cloëtta[1] y a trouvé de l'acide urique, de la taurine, de

[1] Cloëtta, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XLVI, p. 369. 1856.

la leucine et de l'inosite; on y rencontre encore du pigment. On hache des poumons frais de bœuf, et on les fait digérer pendant dix-huit heures avec de l'eau froide; on coagule le liquide obtenu, par la chaleur, après l'addition de quelques gouttes d'acide acétique; on réduit la solution filtrée par l'évaporation au bain-marie au dixième de son volume, et on la précipite par l'acétate de plomb. Dans le liquide filtré, le sous-acétate de plomb fournit un précipité qui contient l'acide urique et l'inosite; il reste en dissolution une certaine quantité de matière amorphe, de la taurine et de la leucine. On lave le précipité formé par le sous-acétate de plomb; on le décompose par l'hydrogène sulfuré; au bout de vingt-quatre heures, l'acide urique se dépose, et le liquide surnageant, mêlé à de de l'alcool et chauffé, donne des cristaux d'inosite. — Le liquide précipité par le sous-acétate de plomb renferme la taurine et la leucine. Après avoir séparé le plomb par l'hydrogène sulfuré, on évapore la solution filtrée en consistance sirupeuse; on ajoute de l'alcool froid et de l'acide sulfurique pour enlever les alcalis à l'état de sulfates; puis, dans le liquide filtré, on élimine l'excès d'acide sulfurique par l'eau de baryte. Le liquide, traité par l'alcool et abandonné à l'évaporation, fournit de la taurine; puis, après avoir fait bouillir avec de l'oxyde de plomb hydraté, le liquide, privé de plomb par l'hydrogène sulfuré, laisse déposer la leucine. On ne trouve pas de traces de glycocolle.

Aucune substance particulière ne paraît donc entrer dans la composition du poumon. Verdeil y a admis

l'existence d'un acide sulfuré particulier, l'acide pneumique. Il l'obtient en coagulant par la chaleur, en présence d'acide acétique, le suc d'un poumon broyé et pressé; il neutralise par l'eau de baryte, et ajoute du sulfate de cuivre. Le liquide qui s'écoule contient du sulfate de cuivre et du pneumate de cuivre; après avoir décomposé par l'hydrogène sulfuré, il fournit par l'évaporation des cristaux d'acide pneumique. Suivant Cloëtta, l'acide pneumique ne serait que de la taurine.

Newkomm a trouvé de l'urée et de l'acide oxalique dans les poumons d'un homme mort de maladie de Bright.

Les cendres du poumon, d'après Schmidt, renferment des phosphates de sodium et de potassium, du chlorure de sodium, une grande quantité de fer, probablement à l'état de phosphate.

Pigment. — On trouve le pigment brun ou noir dans la choroïde de l'œil, les procès ciliaires, le réseau de Malpighi des nègres et des divers animaux, les cheveux et les plumes, la peau des reptiles et des poissons, la cornée de certains mammifères. Chez l'adulte il existe, en plus ou moins grande quantité, dans les poumons et les bronches, et aussi dans les ganglions lymphatiques. A l'état pathologique, il se développe en quantité considérable dans quelques organes et certaines tumeurs. Suivant Frey, il s'observe en général dans l'intérieur de cellules polygonales et étoilées ; il est rarement en liberté dans les tissus.

Le pigment ou mélanine forme une poussière noire,

cohérente, ou de petites granulations ; il se présente dans quelques cas pathologiques en cristaux noirs, constituant des lames rhomboédriques, aplaties, à angles très-aigus. Il est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et se dissout lentement et incomplétement dans les solutions alcalines ; il se décompose par l'action des acides minéraux concentrés. Sa composition est mal connue, Scherer a trouvé à l'analyse :

Carbone	58,28
Hydrogène	5,92
Azote	13,77
Oxygène	22,03

Rosow :

Carbone	54,0
Hydrogène	5,3
Azote	10,0
Oxygène	30,0

Chauffé à l'air, il s'enflamme sans fondre ni se boursoufler, et laisse des cendres qui contiennent du fer. Lehmann a trouvé 0,254 pour 100 de fer dans le pigment de l'œil.

On admet généralement que le pigment se développe aux dépens de la matière colorante du sang. Certaines productions pigmentaires pathologiques proviennent des transformations de l'hématine.

Les pigments présentent entre eux des différences appréciables, et sont sans doute plusieurs substances réunies sous un nom commun. Les pigments pathologiques, par exemple, paraissent différer par un excès de carbone.

Le pigment du poumon n'est pas exclusivement

formé par de la mélanine. On y rencontre encore des substances étrangères, venues de l'extérieur, qui s'introduisent pendant l'inspiration dans les vésicules pulmonaires. On trouve presque toujours du charbon mêlé à la substance pigmentaire et reconnaissable à son inaltérabilité dans les réactifs, et son aspect microscopique en petits fragments bien différents de la mélanine. Chez les individus adonnés à certaines professions, on constate souvent des quantités considérables de ces poussières : charbon végétal, houille, etc.; souvent aussi de la silice, du sulfate de calcium ou de baryum, etc. On conçoit que tous les corps pulvérulents qui se trouvent répandus dans l'atmosphère, puissent également pénétrer dans les poumons, se mêler au pigment, et amener par leur présence des désordres variés dans l'organisme.

PHÉNOMÈNES CHIMIQUES DE LA RESPIRATION

La respiration consiste essentiellement dans l'action de l'air sur le sang. Elle s'accompagne de phénomènes chimiques qui amènent tout à la fois un changement dans l'air expiré et des modifications dans les matériaux du sang.

L'atmosphère a une composition à peu près constante. Elle contient en volume 20,93 pour 100 d'oxygène, 79,07 pour 100 d'azote à l'état de simple mélange, 0,0004 dix-millièmes d'acide carbonique, et en plus des matières organiques et organisées en pro-

portions trop faibles pour être dosées, ainsi que de la vapeur d'eau.

L'air expiré a perdu environ 4,87 d'oxygène et a gagné 4,26 d'acide carbonique. Le volume de l'air expiré est donc un peu plus faible que le volume de l'air inspiré. Cet excès tient à ce que l'oxygène ne se transforme pas en totalité en acide carbonique, mais qu'une partie est employée à produire de l'eau avec l'hydrogène des substances combustibles.

Les poumons ne se vident pas complétement à chaque expiration, ils renferment toujours une certaine quantité d'air, même après des inspirations forcées. On a cherché depuis longtemps à doser leur capacité, et à mesurer par diverses méthodes le volume d'air rejeté par chaque inspiration. Les plus exactes sont fondées sur l'emploi des divers spiromètres. M. Gréhant est arrivé au même but de la manière suivante : si on enferme de l'hydrogène dans une cloche, et qu'à l'aide de tubes convenablement disposés, le sujet soumis à l'expérience exécute plusieurs inspirations et expirations, on obtient dans cette cloche un mélange de gaz expirés, mêlés à l'hydrogène, dont la composition après l'expiration est exactement la même dans le récipient et dans les poumons. En déterminant à l'aide de l'eudiomètre la quantité d'hydrogène qui reste dans 100^{cc} du mélange, on arrive par une simple proportion à calculer le volume du mélange gazeux qui existe dans les poumons, c'est-à-dire à connaître la capacité pulmonaire elle-même. Ce volume varie de 2,19 à 3,22 litres chez les sujets de 17 à 30 ans.

L'homme exhale par le poumon environ 15 à 20 litres d'acide carbonique par jour ou en poids 29,670 à 39,560 grammes. Ces oscillations sont dues à des causes diverses; telles sont, par exemple, les différences individuelles tenant au développement des poumons et au rhythme de la respiration, l'âge et le sexe, l'alimentation, la veille et le sommeil.

Analyse des gaz produits par la respiration. — Méthode directe. — La théorie de la respiration est due à Lavoisier; le premier il la compara à une combustion, et reconnut qu'elle consiste en une absorption d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique. Il tenta des expériences pour mesurer leurs proportions relatives. Il fit vivre des animaux dans un espace d'air limité, absorbant l'acide carbonique à mesure qu'il se produisait; il reconnut que la quantité d'oxygène contenu dans l'acide carbonique produit est plus faible que celle de l'oxygène qui disparaît, et en conclut que la fraction restante devait servir à produire de l'eau. Il trouva qu'un homme au repos et à jeun, la température extérieure étant de 32°,5, consomme par heure 24,602 litres d'oxygène; qu'un homme au repos et à jeun, la température extérieure étant de 15°, consomme par heure 26,660 litres d'oxygène; qu'un homme, pendant la digestion, consomme par heure 37,689 litres d'oxygène; qu'un homme à jeun, pendant qu'il accomplit le travail nécessaire pour élever en 15 minutes un poids de 7,343 kilogr. à une hauteur de 199^{m},776, consomme par heure 63,477 litres d'oxygène; qu'un homme pendant la digestion, ac-

complissant le travail nécessaire pour élever en 15 minutes un poids de 7,343 kilogr. à une hauteur de 211^{m},146, consomme par heure 91,348 litres d'oxygène. Il annonça aussi que chez l'homme, pris dans les conditions ordinaires de son existence, la respiration fournit les résultats suivants :

Consommation d'oxygène par heure.	42,225
Exhalation d'acide carbonique par heure. . . .	47,803

Dans une heure de temps les effets produits par la respiration de l'homme deviennent :

Oxygène absorbé.. 42,225	Acide carbonique exhalé 47,803	Oxygène. . .	34,765	
		Carbone brûlé.		13,038
	Eau produite.. 8,393	Oxygène. . .	7,460	
		Hydrog. brûlé.		0,933
Oxygène absorbé en une heure de temps. . . .			42,225	

Les chiffres précédents sont donnés avec les corrections nécessaires, calculées par M. Gavarret[1], pour les rapporter à la composition de l'acide carbonique et de l'eau, admise aujourd'hui.

Scharling plaça les sujets qu'il voulait observer dans une espèce de guérite de bois, dont les joints étaient bien lutés, tapissés de papier collé à l'intérieur, et d'environ un mètre cube de capacité ; l'air entrait à la partie inférieure, le couvercle percé de trous destinés à donner issue aux produits de la respiration, un courant d'air déterminé par un aspirateur à écoulement d'eau. Les expériences duraient d'une demi-heure à une heure. L'eau et l'acide carbonique expirés étaient

[1] Gavarret, *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 330.

retenus et dosés en passant dans des tubes renfermant de l'acide sulfurique et des dissolutions de potasse. Scharling trouva pour la consommation de carbone, évaluée par heure, un poids moyen de 9^{gr}, 46. Ce procédé est très-défectueux; les sujets mis en expérience respiraient un air confiné et les résultats n'ont pas de garantie d'exactitude.

Les recherches les plus importantes qui aient été faites sur la respiration, sont dues à MM. Regnault et Reiset, qui reprirent, en la perfectionnant, la méthode de Lavoisier.

MM. Regnault et Reiset firent respirer un animal dans un espace limité, de capacité connue, clos de manière que rien ne pût s'en échapper et dont la température ne variât pas; ils maintinrent constante la composition de l'air confiné en absorbant l'acide carbonique à mesure qu'il était exhalé, et remplacèrent l'oxygène à mesure qu'il était consommé, de telle façon qu'un animal put y vivre pendant plusieurs heures, et même pendant plusieurs jours. L'appareil se compose de trois parties : d'une cloche de 45 litres de capacité dans laquelle l'animal est renfermé. La cloche est enveloppée d'un manchon de verre, rempli d'eau maintenue à une température constante. Elle porte plusieurs tubulures à sa partie supérieure, une d'elles communique avec un manomètre qui fait connaître à chaque instant la pression intérieure, une seconde sert à introduire l'oxygène, une troisième fait communiquer l'intérieur de la cloche avec le condenseur de l'acide carbonique, et permet en outre,

par un mécanisme spécial, de puiser dans la cloche un volume déterminé d'air pour le soumettre à l'analyse.

Le condenseur se compose de deux pipettes remplies d'une dissolution de potasse, et soumises, pendant l'expérience, à un mouvement vertical de va-et-vient, qui produit une agitation continuelle dans l'air de la cloche et facilite l'absorption complète et rapide de l'acide carbonique. Les pipettes à oxygène sont disposées de façon à ce qu'on puisse toujours connaître la quantité d'oxygène fournie par chaque pipette.

Chaque expérience dure jusqu'à ce que l'animal ait consommé de 65 à 150 litres d'oxygène, de 12 à 20 heures pour les chiens, 2, 3 et même 4 jours pour les lapins, poules, etc.

On pèse l'animal et les aliments avant de les introduire dans la cloche, et, par suite, on connaît leur volume, parce qu'on admet que leur densité moyenne est la même que celle de l'eau. En retranchant ce volume de celui qui représente la capacité intérieure de la cloche, du manomètre et du condensateur, on détermine exactement les quantités d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique que contiennent l'appareil au moment de l'expérience. On pèse de nouveau l'animal et les aliments à la fin de l'opération, et, puisque la composition de l'air intérieur est connue, on peut mesurer les quantités d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique, qui remplissent l'appareil au moment où l'expérience est terminée. On possède ainsi tous les

éléments nécessaires pour déterminer la quantité d'oxygène consommé et celle d'acide carbonique exhalé par l'animal, et les variations que l'azote peut avoir subies.

Les gaz obtenus ne contiennent que des traces de gaz sulfurés et d'ammoniaque, mais ils renferment généralement de l'hydrogène libre et du gaz des marais. Ils proviennent probablement des excrétions intestinales et peuvent être négligés dans l'étude de la respiration pulmonaire. L'acide carbonique dégagé par la peau et par le canal intestinal ne s'élève qu'au $\frac{8}{1000}$ de celui de l'animal tout entier et peut être ainsi négligé.

La discussion des chiffres trouvés a amené M. Regnault à conclure : 1° que tous les animaux absorbent de l'oxygène qui se combine avec les matériaux du sang : la quantité d'oxygène absorbé variant avec la classe et l'espèce zoologique; 2° que tous les animaux exhalent de l'acide carbonique, et que le poids de l'oxygène de l'acide carbonique exhalé est plus faible que celui de l'oxygène absorbé et varie de 997 au 677 du poids total. L'excès d'oxygène introduit dans le sang s'unit à l'hydrogène pour former de l'eau et oscille des 300 au 323 millièmes de l'oxygène absorbé; de telle sorte que la somme des quantités d'oxygène combinées avec le carbone et l'hydrogène, représente toujours la totalité de l'oxygène absorbé par les poumons.

Méthode indirecte. — Les expériences qui précèdent présentent un haut intérêt. Elles mettent hors

de doute l'absorption de l'oxygène, la formation d'acide carbonique et servent à en doser les proportions ; mais elles laissent subsister des incertitudes que Lavoisier lui-même avait déjà signalées. Elles ne peuvent suffire pour déterminer si l'acide carbonique prend naissance seulement à l'aide de l'oxygène absorbé par les poumons, ou s'il ne s'y ajoute pas une partie du gaz introduit dans le sang par la digestion. Elles ne prouvent pas non plus que l'excès d'oxygène, qui n'est pas employé pour former de l'acide carbonique, soit utilisé pour former de l'eau en se combinant avec l'hydrogène des matières contenues dans le sang. On parvient à résoudre ces questions par un procédé différent, introduit dans la science par M. Boussingault, et nommé méthode indirecte.

Cette méthode repose sur les principes suivants. On soumet un animal adulte à la ration d'entretien, c'est-à-dire on le nourrit de telle manière que son poids n'augmente ni ne diminue. On pèse tous les aliments, liquides ou solides, qu'il introduit dans le tube digestif, et tout ce qu'il expulse au dehors par les déjections liquides ou solides ; puis on retranche la seconde quantité de la première, la différence représente évidemment ce que l'animal a perdu par la peau et par les poumons. Ce procédé ne peut être exact que sous deux conditions : l'animal doit être soumis à la ration d'entretien, c'est-à-dire n'augmenter ni ne diminuer de poids pendant le cours des expériences, et, secondement, il ne doit fixer aucun des éléments de l'atmosphère. Cette dernière condition se trouve dans l'état normal. La

première montre que les expériences ne peuvent être faites avec les jeunes animaux en train de se développer, ni avec les animaux mis à l'engrais, qui, dans ces deux cas, reçoivent plus de matières par l'alimentation qu'ils n'en éliminent pas les excrétions.

M. Boussingault a fait une première série d'expériences sur une vache laitière et sur un cheval, et une seconde sur une tourterelle.

La tourterelle pesait 187gr,90 au début, elle pesait 186gr,47 à la fin. Son poids moyen était de 186,585.

En 24 heures elle prit :

Eau en boisson.	6,378
Millet frais.	16,063
Elle rendit en excréments frais. .	8,230

Les aliments fournirent en 24 heures :

Eau en nature à l'état liquide. .	8,627
Matière solide organique. . . .	13,458
Matières salines.	0,356

Les excréments contenaient en 24 heures :

Eau en nature à l'état liquide. .	5,007
Matière solide organique. . . .	2,862
Matières salines.	0,361

La quantité des sels absorbés et éliminés se compense à 0,005 près. Les matières organiques solides et l'eau sont, au contraire, beaucoup plus considérables dans les aliments. L'excès doit avoir été éliminé par la peau et les poumons à l'état d'eau et d'acide carbonique, puisque le poids de l'animal est demeuré

[1] *Annales de chimie et de physique*, 2e série, tome LXXI, p. 113; 3e série, tome XI, p. 433. — Gavarret, *Physique médicale*, p. 247.

constant. Cet excès s'élève à 3,620 d'eau toute formée d'avance, et à 10,596 de matières organiques. Sa composition est égale à la différence entre la composition des matières organiques contenues dans les aliments et celles expulsées dans les excréments.

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.
Matière organique fournie par les aliments.	6,365	0,869	5,769	0,455
Matière organique expulsée par les excréments.	1,294	0,163	1,109	0,296
Reste, ou matière organique éliminée par les poumons ou la peau.	5,071	0,706	4,660	0,159

Ces chiffres montrent que l'oxygène est trop faible pour transformer en eau tout l'hydrogène éliminé par la respiration, qu'il y a par conséquent une partie de l'hydrogène combiné avec l'oxygène de l'atmosphère pour former de l'eau. Le carbone s'est également combiné avec le reste de l'oxygène absorbé par l'animal.

La tourterelle a éliminé par les poumons et par la peau en 24 heures :

1° 3,620 grammes d'eau contenue toute formée dans l'eau et les aliments solides;

2° 5,071 grammes de carbone, qui se sont combinés avec 13,523 grammes d'oxygène pour produire 18,594 grammes d'acide carbonique;

3° 0,582 grammes d'hydrogène et 4,660 grammes

d'oxygène, fournis par les aliments, qui représentent 5,242 grammes d'eau ;

4° 0,124 grammes d'hydrogène fournis par les aliments, qui se sont unis à 0,992 grammes d'oxygène absorbé et emprunté à l'atmosphère, pour produire 1,116 grammes d'eau ;

5° 0,159 grammes d'azote éliminés sous cette forme.

En résumé, en 24 heures :

Elle a exhalé par le poumon et la peau.	Eau en vapeur. . . .	9,978
	Acide carbonique. . .	18,594
	Azote.	0,159
Elle a absorbé.	Oxygène.	14,515
Elle a brûlé.	Carbone.	5,071
	Hydrogène.	0,124

Cette observation montre qu'indépendamment des 14,515 grammes d'oxygène empruntés à l'atmosphère, cette tourterelle a éliminé par les poumons et par la peau 4,660 grammes d'oxygène fourni par la matière organique des aliments.

M. Barral[1] a employé la même méthode sur des hommes. Il a trouvé dans une expérience qu'un homme de 29 ans, du poids de 47 kilog., la température extérieure étant de 0°,5 a fourni en une heure par la peau et les poumons

Oxygène absorbé. . 44,229	Acide carbonique exhalé. 54,288	Oxygène. . .	37,300	
		Carbone brûlé.		13,988
	Eau produite. . 7,795	Oxygène. . .	6,929	
		Hydrog. brûlé.		0,866
Oxygène total absorbé en une heure.			44,229	
Azote exhalé par heure.				0,596

[1] *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome XXV, p. 129. Gavarret, *Physique médicale*, p. 358.

Le même homme, à la température de 20°, a fourni en une heure :

Oxygène absorbé.. 31,782	Acide carbonique exhalé. 37,017	Oxygène. . .	26,922	
		Carbone brûlé.		10,095
	Eau produite.. 5,467	Oxygène. . .	4,860	
		Hydrog. brûlé.		0,607
Oxygène total absorbé en une heure.			31,782	
Azote exhalé en une heure.				0,421

Un homme de 59 ans, du poids de 58 kilog., la température extérieure étant de 6°,32, a fourni en une heure par les poumons et la peau :

Oxygène absorbé.. 37,046	Acide carbonique exhalé. 45,346	Oxygène. . .	32,979	
		Carbone brûlé.		12,367
	Eau produite.. 4,575	Oxygène. . .	4,067	
		Hydrog. brûlé.		0,508
Oxygène total absorbé.			37,046	
Azote exhalé par heure.				0,400

Ces expériences constatent l'influence de l'âge et celle de la température extérieure sur l'activité des phénomènes chimiques de la respiration.

Réunion des méthodes directe et indirecte. — Pettenkoffer et Voit[1], dans ces dernières années, ont entrepris de nouvelles recherches sur la respiration. Ils combinent l'emploi des méthodes directe et indirecte, et dosent tout à la fois l'eau et l'acide carbonique exhalé, et l'oxygène employé.

La méthode consiste à faire vivre l'animal ou le sujet mis en expérience dans un air constamment renouvelé et mesuré d'une manière exacte. On le place dans une chambre assez grande pour que la respiration s'opère

[1] Pettenkoffer et Voit, *Annalen der Chemie*, Supplem. II, S. 1 ; 1863 ; et S. 361 ; 1861.

d'une manière normale, tandis qu'il y reste vingt-quatre heures, soit en repos, soit en mouvement. Les chambres employées variaient de 2,235 à 12,7 mètres cubes.

On fait traverser la chambre par un courant d'air constant et régulier, produit par l'action de deux cylindres d'aspiration faisant l'office de pompe, à l'aide de deux pistons mis en mouvement par une machine à vapeur. On mesure la quantité d'air, en lui faisant traverser un compteur semblable à ceux dont on se sert dans l'industrie du gaz. Ces compteurs, lorsqu'ils sont bien construits, peuvent mesurer tout aussi bien une petite qu'une grande quantité de gaz passant dans un temps donné. Dans les expériences de Pettenkoffer et Voit le volume du gaz qui traverse l'appareil est, en général, de 24,000 mètres cubes en vingt-quatre heures.

Le gaz est ensuite soumis à l'analyse. On ne peut espérer doser d'une manière exacte l'acide carbonique d'un si énorme volume d'air. On doit n'en analyser qu'une fraction, mesurée à l'aide d'un petit compteur. L'expérience prouve que, sur 20,000 litres qui passent en un jour, il est préférable de n'opérer que sur 5 litres, et de multiplier le chiffre trouvé par 4,000 pour avoir la quantité d'acide produit en vingt-quatre heures. On détermine l'acide carbonique par la méthode volumétrique ; on emploie une solution de baryte comme liqueur alcaline, et comme liqueur acide une solution d'acide oxalique d'une concentration telle, que 1^{cc} suffise pour neutraliser exactement 1 milligramme de baryte. Cette solution se prépare en dissolvant 2,8636

grammes d'acide oxalique pur, cristallisé et desséché sur l'acide sulfurique, dans un litre d'eau à 12 degrés.

Ce moyen d'analyse, le seul praticable, présente de graves inconvénients. Les causes d'erreur, même les plus légères, se trouvent multipliées par un chiffre si considérable, qu'on pourrait douter de la justesse finale des résultats. Voici quelle est en réalité la limite de l'exactitude de cette méthode. On arrive à doser l'acide carbonique d'une manière assez précise pour déterminer exactement le 1/10 de milligramme d'acide carbonique. Cette précision, que MM. Pettenkoffer et Voit atteignent, correspond à une erreur de moins de 1/2 pour 100 de la totalité du gaz mesuré. Aucun des procédés employés jusqu'ici ne donne des résultats aussi exacts. L'eau est retenue par de la ponce imprégnée d'acide sulfurique.

L'air contenu dans la chambre, et qui renferme les produits de l'exhalation pulmonaire et cutanée, contient encore de l'hydrogène et du gaz des marais. Pour les doser, on fait passer une partie du gaz, mesuré par un autre petit compteur, à travers un tube chauffé au rouge. L'hydrogène se transforme en eau, le gaz des marais en eau et en acide carbonique; on dose la totalité de ces produits. L'excès du poids des chiffres trouvés sur la quantité d'acide carbonique et d'eau trouvée précédemment correspond à l'hydrogène libre et au gaz des marais. Un simple calcul suffit pour déterminer les quantités respectives des deux gaz.

Les recherches précédentes donnent la quantité de

gaz dégagé par la respiration et l'exhalation cutanée. On dose l'oxygène absorbé par la méthode indirecte de M. Boussingault. On détermine dans chaque observation le poids du corps, avant, et après l'expérience, le poids de la nourriture et des boissons, celui des produits éliminés par l'intestin et par les reins.

Un chien, nourri avec 1,500 grammes par jour de viande privée de graisse, a excrété en moyenne 1075 grammes d'urine, 40^{gr},7 de matières fécales, 538^{gr},2 d'acide carbonique, 354^{gr},8 d'eau, 1^{gr},6 de gaz des marais, 1^{gr},4 d'hydrogène, et a absorbé 477^{gr},2 d'oxygène à l'air, ce qui représente, pour 100 grammes d'oxygène contenu dans l'air, 82 grammes d'acide carbonique.

L'expérience prouve qu'il y a égalité entre le poids de l'azote introduit par les aliments et celui du même gaz excrété dans l'urine et les matières fécales. Le poids moyen de l'urée était d'environ 100 grammes, d'après des déterminations faites par la méthode de Liebig, qui, comme on sait, fait passer pour urée les petites quantités d'acide urique, de créatine, etc., qui se trouvent mélangées avec elle.

Les sels étaient de 16,3 grammes. Le résidu solide de l'urine = 152 grammes. En retranchant de ce poids celui de l'urée et des sels, il reste un résidu de 28 grammes pour d'autres matières organiques dont l'analyse brute a donné :

Carbone.	9,6
Hydrogène.	2,5
Azote.	15,9

L'animal rendait 40^{gr},7 de matières fécales fraîches, représentant 11^{gr},2 de matières sèches, composées de :

Carbone	4,9
Hydrogène	0,7
Azote	0,7
Oxygène	1,5
Sels	3,4

Connaissant les poids de l'urine, des matières fécales, des gaz absorbés et excrétés, on a tous les facteurs pour établir une égalité entre les éléments fournis par la nourriture et l'oxygène absorbé de l'air, avec les éléments excrétés.

Les 1500 grammes de viande sont composés comme il suit :

187,8	grammes	d'acide carbonique.		
152,45	—	d'hydrogène, dont	25,95	dans la substance sèche de la viande.
			126,5	dans l'eau de la viande.
51,0	—	d'azote.		
1089,25	—	d'oxygène, dont	77,25	dans la substance sèche de la viande.
			1012,0	dans l'eau de la viande.
19,5	—	de sels.		

Parmi les recettes, il faut encore ajouter l'oxygène absorbé directement de l'air ; il a été, pour la moyenne de trois expériences, de 477^{gr},2. En additionnant ce chiffre avec celui de l'oxygène contenu dans la viande, on a le chiffre complet de l'oxygène introduit dans l'organisme : =1566^{gr},45.

On établit ainsi la balance suivante entre les produits d'absorption et d'excrétion :

	RECETTES.	DÉPENSES.
	—	—
Acide carbonique.	187,8	184,0
Hydrogène.	152,5	157,3
Azote.	51,0	51,1
Oxygène.	1566,4	1599,7
Sels.	19,5	19,7
Total.	1977,2	20 1,8
Différence.	34,6	

Cette différence 34^{gr},6 est à peine de 1 pour 100 sur la somme des recettes et des dépenses, 3989 grammes. Une discussion attentive des chiffres trouvés montre qu'en réalité elle est moindre encore.

Les recherches faites sur l'homme donnent des résultats semblables.

Pettenkoffer et Voit [1] firent leurs expériences sur un horloger de vingt-huit ans, du poids de 70 kilogrammes, et sur un tailleur de trente-six ans, pesant 53 kilogrammes. On les soumit à divers genres d'alimentation : viande, albumine, œufs, amidon et sucre, beurre, extrait de viande étendu d'eau. On eut soin que les sujets fussent soumis, douze heures avant le commencement de l'expérience, au régime qu'ils devaient suivre pendant vingt-quatre heures. Pour doser l'urée, on sépara d'abord les chlorures par l'azotate d'argent, et on dosa avec les sels de mercure. L'analyse de l'urine fournit en moyenne 9^{gr},31 d'azote pour 700 grammes d'urine, chiffre qui s'accorde complétement avec celui de l'azote contenu à l'état d'urée, 9^{gr},40. On détermina le poids des matières solides et

[1] Pettenkoffer et Voit, *Untersuchungen über der Stoffverbrauch der normalen Menschen* (*Zeitschr. für Biologie*, B. II, S. 459).

de l'eau, en desséchant 5 grammes d'urine, et on eut le poids des cendres après la calcination. Les excréments étaient recueillis et pesés avec soin ; les gaz dosés dans l'appareil.

Ils ont trouvé que les proportions de gaz formé étaient :

	JOUR.	NUIT.	EN 24 HEURES.
	—	—	—
Acide carbonique.	884,6	399,6	1284,2
Eau.	1094,8	947,7	2042,5

La détermination de l'oxygène est obtenue, comme dans la méthode indirecte, par la différence entre le poids des substances introduites par la nourriture et les boissons, et les produits d'excrétion éliminés par les reins, l'intestin, la peau et les poumons.

JOUR.		NUIT.	
ABSORPTION.	EXCRÉTION.	ABSORPTION.	EXCRÉTION.
Nourriture. 2461,4	Ac. carbonique. . 884,6	Nourriture. 848,2	Ac. carbonique. . 399,6
	Eau. . . 1094,8	Perte de poids. . 296,0	Eau. . . 947,3
	Urine. . . 725,8	1144,2	Urine. . . 457,0
	Augm. de poids. . 50,0		Total. . . 1803,9
	Total. . . 2755,2		Absorption. . . 1144,2
	Absorption. . . 2461,4		Oxygène par différence. 659,7
	Oxygène par différence. 293,8		

Influence de la veille et du sommeil, du repos et du travail. — La veille et le sommeil amènent chez l'homme des différences très-considérables dans l'absorption d'oxygène et l'élimination carbonique. Pettenkoffer et Voit soumirent à l'expérience, dans leur appareil, un ouvrier robuste et bien portant, âgé de vingt-huit ans, pesant 60 kilogrammes. Ils le firent tantôt travailler modérément, jour de repos ; tantôt ils le firent travailler activement, jour de travail. Ce ravail consistait à faire tourner une manivelle qui entraînait un poids de 25 kilogrammes sur une poulie. L'ouvrier prenait ses repas et se reposait suivant ses habitudes ordinaires, et travaillait cinq heures et demie ; il était alors aussi las qu'après un travail excessif ou une marche prolongée. Les expériences duraient vingt-quatre heures, en mettant à part celles du jour et celles de la nuit. Le jour était compté de six heures du matin à six heures du soir ; la nuit de six heures du soir à six heures du matin. Le tableau suivant indique les résultats obtenus. Le chiffre proportionnel de la dernière colonne exprime combien l'acide carbonique éliminé renferme d'oxygène, par rapport à 100 d'oxygène contenu dans l'air. Les chiffres représentent des grammes.

ÉPOQUE.	CORPS ÉLIMINÉS.			OXYGÈNE ABSORBÉ.	RAPPORT PROPORTIONNEL.
	ACIDE CARBONIQUE	EAU.	URÉE.		
		JOUR DE REPOS.			
Jour.	532,9	344,4	21,7	234,6	175
Nuit.	378,6	483,6	15,5	474,3	58
Total. . . .	911,5	828,0	37,2	708,9	94
		JOUR DE TRAVAIL.			
Jour.	884,6	1094,8	20,1	294,8	218
Nuit.	399,6	947,3	16,9	659,7	41
Total.. . . .	1284,2	2042,1	37,0	954,5	98

De ces chiffres il résulte que l'élimination de l'acide carbonique, dans l'état de santé, est approximativement deux fois plus forte que l'absorption d'oxygène pendant le jour, et que le contraire a lieu pendant la nuit.

La quantité pour 100 d'acide carbonique éliminé en vingt-quatre heures, et d'oxygène absorbé, se partage, dans le rapport suivant, le jour et la nuit, pendant le repos et le travail :

	POUR 100 PARTIES D'ACIDE CARBONIQUE EXHALÉ		POUR 100 PARTIES D'OXYGÈNE ABSORBÉ	
	pendant le jour.	pendant la nuit.	pendant le jour.	pendant la nuit.
Repos.	58	42	33	67
Travail.	69	31	31	69

Ces résultats montrent que, même dans le repos le plus absolu qu'il soit possible d'atteindre, il y a un antagonisme évident entre l'excrétion d'acide carbonique et l'absorption d'oxygène, pendant le jour, et pendant la nuit. L'état de veille suffit seul pour activer les transformations des éléments, et pour augmenter la formation d'acide carbonique; résultat d'ailleurs facile à comprendre, car il est impossible de supprimer complétement tous les mouvements volontaires. Pendant les jours de travail, l'antagonisme est bien plus marqué encore; il y a une plus grande élimination d'acide carbonique, et une plus grande absorption d'oxygène; une plus grande quantité d'acide carbonique est rejetée pendant le jour, une plus grande quantité d'oxygène est absorbée pendant la nuit.

Des expériences faites par Henneberg sur deux bœufs ont donné des résultats semblables. Il a toujours trouvé que l'acide carbonique exhalé pendant le jour contient beaucoup plus d'oxygène qu'il n'y a d'oxygène absorbé pendant le même temps; il semble donc que la respiration, plus fréquente et plus profonde pendant le travail physique, ne dépend pas de la nécessité d'ab-

sorber de l'oxygène, mais de chasser l'acide carbonique produit, et de modérer l'élévation de la température du sang. Comme, de plus, l'absorption d'oxygène pendant le jour reste la même, qu'il y ait repos ou travail, il n'y a pas d'écart sensible entre l'élimination de l'acide carbonique pendant la nuit, car, toutes choses égales d'ailleurs, l'élimination d'acide carbonique pendant la nuit est corrélative de l'absorption d'oxygène pendant la journée.

L'élimination de l'eau est deux fois et demie plus grande pendant le travail que pendant le repos, et se répartit assez exactement pendant la nuit et le jour.

La quantité d'azote contenue dans les matières alimentaires, est égale à celle que le sujet mis en expérience élimine, en vingt-quatre heures, par le rein et le canal intestinal. Dès qu'un terme de cette égalité augmente ou diminue, l'autre terme augmente ou diminue dans la même proportion.

Voit a constaté que le mouvement musculaire n'amène pas une destruction plus grande de matières albuminoïdes que le repos le plus complet. Il plaça un chien dans une cage et l'y maintint immobile, il le mit ensuite dans une roue de trois mètres, que l'animal fit tourner en marchant, jusqu'à ce qu'elle eût accompli 1,700 tours. Le chien, après un jeûne de quatre jours, rendit 12 grammes d'urée, après avoir mangé 1,500 grammes de viande, 100 grammes d'urée, aussi bien dans les journées de repos que dans les journées de travail.

Des résultats semblables s'observent chez l'homme;

un sujet soumis à l'expérience, expulsa pendant le jour de repos 37 grammes d'urée; soumis ensuite à un travail fatiguant qui lui fit éprouver une grande lassitude, il évacua exactement la même quantité d'urée; le travail n'augmente donc pas cette sécrétion. On constata de plus que la quantité d'azote éliminée par les reins et le canal intestinal est égale à celle que contiennent les aliments; mais l'urée est éliminée en plus grande abondance pendant le jour que pendant la nuit, et en quantité proportionnelle à l'acide carbonique exhalé.

Influence de la nourriture. — Les expériences de Regnault et Reiset sur les herbivores, celles de Pettenkoffer et Voit sur les carnivores, ont mis hors de doute qu'en vingt-quatre heures la proportion d'oxygène absorbé, et d'acide carbonique exhalé, est en rapport avec la composition de la nourriture. Pettenkoffer et Voit ont trouvé que sur des chiens, mis pendant vingt-quatre heures en expérience, l'oxygène absorbé et l'acide carbonique exhalé sont dans le rapport de 100 à 82, avec une nourriture purement animale. Si on ajoute des matières grasses à la viande ou l'albumine, la quantité d'acide carbonique descend à 73, et, avec une nourriture amylacée, sucrée, elle s'élève à 100. Avec une nourriture composée d'un mélange de viande, de sucre ou d'amidon, ce chiffre peut même atteindre 140 chez les chiens. Il oscille ordinairement, chez l'homme soumis à une nourriture moyenne, entre 88 et 98.

Les expériences rapportées plus haut montrent que les chiffres trouvés ne sont vrais et comparables qu'à la condition d'embrasser une période de vingt-quatre

heures, c'est-à-dire le jour et la nuit. Elles prouvent que les oxydations dans l'économie ne sont pas instantanées, que l'oxygène absorbé reste dans l'organisme à un état latent avant de passer à l'état d'eau et d'acide carbonique, et que, pendant la nuit, l'oxygène s'accumule dans les tissus et les organes, proportionnellement à la quantité de matières albuminoïdes renfermées dans la nourriture, et à la nécessité de suffire aux besoins de la journée qui suit.

Influence des états pathologiques. — Le rapport entre la quantité d'oxygène absorbé pendant le jour et pendant la nuit, est très-différent pendant les maladies. Sur un sujet de vingt et un ans atteint de diabète, Pettenkoffer et Voit trouvèrent les chiffres suivants :

ÉPOQUES.	PRODUITS EXCRÉTÉS.				OXYGÈNE ABSORBÉ.	RAPPORT PROPORTIONNEL.
	ACIDE CARBONIQUE.	EAU.	URÉE.	SUCRE.		
Jour. .	359,3	308,6	26,9	246,4	278,0	94
Nuit. .	300,0	302,7	20,2	148,1	294,2	74
Total. .	659,3	611,3	49,8	394,5	572,2	84

Ces chiffres indiquent que chez les sujets atteints de diabète, il y a diminution du pouvoir absorbant d'oxygène que possèdent les globules du sang. S'il y a nourriture normale, le diabétique n'absorbe pas la quantité d'oxygène nécessaire pour subvenir au tra-

vail corporel et à la production de chaleur. Il est forcé, par conséquent, de consommer beaucoup de nourriture pour augmenter l'absorption d'oxygène, mais celle-ci ne suffit pas pour brûler les substances non azotés, ou leur dérivés.

Un autre malade atteint de leucocythémie, âgé de 40 ans, d'un appétit ordinaire, très-amaigri, sans force, dormant sept heures avec des sueurs abondantes, a fourni les résultats suivants :

ÉPOQUES.	PRODUITS EXCRÉTÉS.			OXYGÈNE ABSORBÉ.	RAPPORT PROPORTIONNEL.
	ACIDE CARBONIQUE.	EAU.	URÉE.		
Jour.	480,9	322,1	15,2	346,2	101
Nuit.	499,0	759,2	21,7	329,2	110
Total. . . .	979,9	1081,3	36,9	675,4	105

On voit également dans ce cas, entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique exhalé, un rapport différent de celui qui existe à l'état de santé.

Recherches exclusives sur la quantité d'acide carbonique expiré. — D'autres expérimentateurs ont depuis longtemps cherché à doser directement l'acide carbonique de l'air expiré. En 1789, Goodwing et Menzies, inspirant plusieurs fois une quantité déterminée d'air, virent qu'à chaque respiration il y a une nouvelle absorption d'oxygène, et une nouvelle exhalation d'acide carbonique. Davy employa la même

méthode et crut, à tort, qu'il y avait absorption d'azote dans la respiration. Allen et Pepys ne firent que des expériences sans portée. MM. Andral et Gavarret, en 1847, se plaçant dans des conditions favorables, arrivèrent à des résultats remarquables. Pour déterminer la quantité absolue d'acide carbonique exhalé durant un temps donné, par les voies respiratoires, ils recueillirent les gaz expirés dans des circonstances telles, que la fonction pulmonaire s'exécutait naturellement suivant le rhythme propre à chaque individu soumis à l'observation. Leur appareil consiste en un masque imperméable fait avec une mince feuille de cuivre, muni à sa partie antérieure et supérieure d'une fenêtre, fermée avec une plaque de verre qui laisse pénétrer la lumière dans sa cavité, assez grande d'ailleurs pour loger une expiration tout entière. Ce masque est appliqué sur la face pour l'encadrer dans son ensemble, et ses bords sont garnis d'un bourrelet de caoutchouc, destiné à exercer une douce pression sur les parties vivantes, et à s'opposer à toute perte du gaz expiré. De chaque côté du masque, existe un tube qui laisse pénétrer librement l'air extérieur; de petites sphères de moelle de sureau font l'effet de soupapes, et s'opposent à ce que le gaz expiré puisse s'échapper par cette voie. Enfin en face de la bouche se trouve une large ouverture, à travers laquelle les produits de l'expiration peuvent être chassés au dehors; cette ouverture est en communication au moyen d'un tube de caoutchouc avec un système de trois ballons collecteurs de 140 litres de capacité, dans lesquels le vide a

été préalablement pratiqué. Le sujet respire pendant toute la durée de l'observation au milieu d'un courant d'air continu ; des tentatives nombreuses avaient appris, et c'est là la partie délicate de l'opération, à régler la vitesse du courant à l'aide d'un robinet gradué, de façon que la respiration eût lieu librement, sans gêne aucune, sans efforts ni pour aspirer ni pour expulser le gaz incessamment appelé et emporté par le tirage des ballons. Toute fuite était impossible et l'absence de rosée sur la plaque de verre prouvait que le tirage était conduit de telle manière que le même gaz n'était soumis qu'une seule fois à l'action de l'organe pulmonaire. MM. Andral et Gavarret recueillaient ainsi 130 litres de gaz environ, et le temps pendant lequel les sujets respiraient, variait de 8 à 15 minutes.

Les produits obtenus étaient en quantité assez considérable pour permettre d'apprécier des différences très-minimes, et l'observation assez prolongée pour qu'on pût conclure, du fait observé, à ce qui se passe réellement en une heure. Pour mesurer la quantité absolue d'acide carbonique et d'eau, on mettait les ballons en communication avec un système de ballons expirateurs dans lesquels le gaz se rendait en passant par une série de tubes en U, remplis de ponce imprégnée d'acide sulfurique qui retient l'eau, et de tubes de Liebig contenant une dissolution de potasse qui fixe l'acide carbonique. Ces tubes furent pesés avant et après l'expérience, la différence des poids donna le poids de l'eau et de l'acide carbonique.

Les expériences furent faites sur 37 hommes de 20 à 100 ans et sur 37 femmes de 10 à 90 ans.

MM. Andral et Gavarret trouvèrent que la quantité de carbone brûlé et converti en acide carbonique augmente régulièrement avec l'âge, et, chez l'homme, atteint à son maximum vers 30 ans ; entre 16 et 30 ans la consommation moyenne de carbone est, chez l'homme, de 11gr,2 par heure, ce qui représente 41 grammes ou 20 litres d'acide carbonique exhalé. Après 30 ans, la quantité d'acide carbonique décroît jusqu'à la fin de la vie. La femme avant la puberté, brûle moins de carbone que le jeune garçon, mais, comme chez lui, la quantité d'acide carbonique produit s'accroît avec l'âge. Au moment de la menstruation, la quantité de carbone brûlé cesse de s'accroître et reste stationnaire jusqu'à ce que, à l'âge de retour, la menstruation se supprime ; la quantité d'acide carbonique décroît alors, comme chez l'homme, sous l'influence de la vieillesse.

Consommation moyenne de carbone par heure :

De 10 à 15 ans.	Chez le jeune garçon non pubère.	7,8
	Chez la jeune fille non réglée. . .	6,4
De 16 à 30 ans.	Chez l'homme adulte.	11,2
	Chez la femme réglée.	6,4

La quantité d'acide carbonique exhalé augmente pendant la grossesse.

PEAU

Peau. — La peau se compose d'une couche interne, riche en vaisseaux et en nerfs, le derme, et d'une

couche externe simplement formée de cellules, l'épiderme. Cette dernière renferme, comme annexes, une série d'organes spéciaux, différents par leur composition chimique, mais qui s'en rapprochent par certains caractères histologiques.

Le derme, recouvert par l'épiderme, adhère par sa face interne au tissu conjonctif sous-cutané. Il résulte de la réunion de fibres du tissu conjonctif, de fibres élastiques et de cellules du tissu conjonctif; il renferme encore de petits faisceaux de muscles lisses, des canalicules lymphatiques, des filets nerveux; il est traversé par les poils, leur bulbe, et par les canaux excréteurs de glandes nombreuses; il présente des parties saillantes, les papilles, organes destinés spécialement au sens du toucher. Les papilles sont constituées, comme le derme lui-même, par un tissu cellulo-fibreux, résistant, dans l'intérieur duquel circulent des vaisseaux et aussi des nerfs, mais non dans toutes. Les papilles nerveuses contiennent un petit renflement en connexion avec les nerfs, dans lequel ceux-ci semblent se terminer, et prendre un point d'appui.

Le derme a les réactions chimiques du tissu conjonctif. Desséché, il devient jaunâtre, légèrement translucide, et acquiert une certaine rigidité qui disparaît quand on le plonge dans l'eau. A la température ordinaire, il est insoluble dans l'eau, il s'y dissout entièrement à l'ébullition en se convertissant en gélatine. Les acides affaiblis et les alcalis le dissolvent, même à la température ordinaire. Le sulfate ferrique, le bichlorure de mercure, le tannin s'y combinent et for-

ment des composés imputrescibles. C'est sur cette propriété qu'est fondé le tannage des cuirs.

Épiderme. — L'épiderme est une variété d'épithélium pavimenteux, plus mince sur les papilles du derme, plus épais dans les sillons qui les sépare. Son épaisseur varie depuis $0^{mm},022$ à $0^{mm},382$, elle augmente par l'effet de pressions répétées.

L'épiderme se divise en deux couches : la plus interne, nommée réseau muqueux de Malpighi, ne possède pas de noyau libre, mais de petites cellules à noyau jaunâtre ; la couche externe, épiderme proprement dit, est formée de petites écailles de plus en plus aplaties à mesure que l'on se rapproche de la périphérie. L'épiderme présente des variétés de couleur sur les diverses parties du corps chez le même individu, et des différences encore plus marquées lorsqu'on compare les races. Ces variétés de couleur qui atteignent le noir intense, chez les nègres, tiennent suivant Frey[1], à trois causes : à la coloration du noyau par un pigment diffus, à la coloration de la cellule elle-même, à la formation d'un pigment granuleux dans l'intérieur de l'élément.

Soumis à l'action de la chaleur, l'épiderme brûle avec une flamme éclairante. L'eau bouillante le convertit en gélatine. L'acide azotique le colore en jaune, l'acide sulfurique le ramollit et le dissout. Les sels, en général, le durcissent ; quelques-uns, tels que ceux d'argent et de mercure, lui communiquent une teinte plus ou moins foncée.

[1] Frey, *Traité d'histologie*, p 169.

Ongles. — Les ongles sont regardés généralement comme une dépendance de l'épiderme. Ils en diffèrent par leur dureté et leur solidité, et s'en rapprochent par leur composition. Ils sont, comme tous les tissus cornés, insolubles dans l'eau froide; l'eau bouillante les gonfle et leur enlève quelques parties solubles, et les transforme en une masse opaque, insoluble; elle les dissout sous pression à 200°. Ces tissus sont également insolubles dans l'alcool et dans l'éther.

L'acide acétique très-concentré les attaque par une action prolongée. A froid, l'acide sulfurique faible les modifie à peine; étendu et bouillant, il les transforme en tyrosine, leucine, ammoniaque et acide gras volatil. L'acide chlorhydrique les colore en bleu, comme les albuminates. L'acide azotique les teint en jaune, et, par une action plus prolongée, les transforme en acide oxalique. Les alcalis fixes les dissolvent. Fondus avec de la potasse, ils se transforment en tyrosine, leucine et acides gras.

Ils sont formés, d'après Scherer, de :

Carbone.	51,09
Hydrogène.	6,82
Oxygène et soufre.	25,18
Azote.	16,91

Poils, cheveux. — Les poils, les cheveux sont aussi très-rapprochés de l'épiderme et des tissus cornés. Ils ont une couleur différente chez les divers sujets. On a attribué leur teinte à plusieurs causes. Bruch a retiré un pigment coloré des cheveux noirs et bruns, et a constaté son absence dans les cheveux blancs.

M. Baudrimont pense que leur nuance est due à la combinaison du fer avec les matières organiques ; il a trouvé d'ailleurs des quantités égales de fer dans les cendres des cheveux blancs et noirs, 8 pour 100, 30 pour 100, dans les cheveux blonds et bruns, 42 pour 100 pour les cheveux rouges. Les autres sels sont des sulfates, chlorures et phosphates, et carbonates, de potassium, sodium et calcium.

On a attribué enfin la couleur des cheveux à la présence du soufre. Elle oscille, suivant la nuance, entre 4,1 à 4,5 pour 100.

Glandes de la peau. — La peau est traversée par les conduits excréteurs des glandes sébacées et des glandes sudoripares.

Les glandes sébacées sont inégalement répandues sur toute la surface du corps, excepté la paume de la main et la plante du pied qui en sont dépourvues. Elles s'ouvrent par des conduits particuliers qui se confondent toujours avec ceux des follicules pileux, même sur les parties où ceux-ci existent à l'état rudimentaire.

La peau est le siége d'une exhalation gazeuse, annexe de la respiration pulmonaire ; elle dégage de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, et absorbe de l'oxygène. La production d'acide carbonique se constate facilement. Des grenouilles privées de poumons, et placées dans un espace limité, continuent à excréter de l'acide carbonique, tandis que l'oxygène diminue de proportion. Le bras de l'homme plongé dans une éprouvette remplie d'eau et placée sur la

cuve à eau, y fait apparaître au bout de peu de temps une quantité considérable d'acide carbonique. Le dosage exact des gaz produits s'obtient par différence, en soustrayant de la totalité du gaz exhalé par la peau et les poumons, la quantité donnée par l'exhalation pulmonaire. Le reste représente évidemment la proportion d'acide carbonique dégagé par la peau.

Chez l'homme, la quantité de vapeur d'eau qui s'échappe par le tégument externe, est relativement beaucoup plus considérable que celle de l'acide carbonique. Cette transpiration insensible devient apparente dès qu'on approche un corps froid de la surface cutanée ; les vapeurs se condensent et apparaissent en gouttelettes. On dose également la quantité de vapeur dégagée par la différence du poids ; elle s'élève en moyenne à 1 kilogr. par jour ; elle varie avec des causes nombreuses ; elle est en général en proportion inverse de la quantité d'urine excrétée en même temps.

Sueur. — Les glandes sudoripares sont situées sous la peau ; elles sont formées par un tube enroulé sur lui-même, terminé en cul-de-sac, dont le conduit excréteur, après un trajet flexueux, vient s'ouvrir entre les papilles à la surface externe de l'enveloppe cutanée. Elles sont très-multipliées ; il y en a 800 par centimètre carré à la paume des mains et à la plante des pieds, 100 en moyenne sur les autres points du tégument externe. Elles servent dans l'état ordinaire à la sécrétion d'une certaine quantité d'eau qui s'exhale d'une manière insensible aussitôt qu'elle est

sécrétée. Quand la sécrétion augmente, la sueur apparaît.

On peut se procurer la sueur en la recueillant à l'aide d'éponges, ou de linges bien secs, que l'on applique sur les parties, et que l'on exprime ensuite. Schottin, Funke, Meissner enveloppent un membre dans un manchon de verre ou de caoutchouc fermé hermétiquement, et recueillent le liquide qui s'écoule dans son intérieur. M. Favre place les sujets mis en expérience dans une baignoire étuve, autour de laquelle passe un jet de vapeur d'eau ; il peut ainsi recueillir des quantités de sueur qui atteignent 14 litres sur le même sujet. La sueur sécrétée dans la deuxième et la troisième demi-heure, est en quantité plus grande que dans la première, et sa composition à peu près identique pendant la durée de l'expérience.

La sueur est un liquide limpide, incolore ou à peine troublé par des cellules épithéliales, d'une odeur spéciale due à la présence d'acides volatils. Sa réaction est acide, mais dès qu'on la chauffe, elle devient alcaline, d'après Favre. Elle est alcaline dans les points où les follicules sébacés sont en grande abondance. Sa densité est de 1003 à 1005.

ANALYSE DE LA SUEUR, PAR FAVRE.

Eau.	9955,73
Chlorure de sodium.	22,30
— de potassium.	2,43
Sulfate de sodium et de potassium. . . .	0,11
Phosphate de sodium et de potassium. . .	Traces.
Carbonates alcalins mêlés à une substance azotée coagulable.	0,05
Phosphates terreux.	Traces.

Sudorate ou hydrotate de soude.	11,72
Sudorate de potasse.	5,20
Lactate de soude.	2,38
Lactate de potasse.	1,02
Urée.	0,42
Principes graisseux (matière sébacée). . .	0,13
Traces d'une matière azotée coagulable.	

Funke a trouvé :

Eau.	988,45
Éléments solides.	1,16
Épithélium.	2,40
Urée.	1,55
Sels.	4,36

Suivant les analyses de Funke la proportion des matières organiques diminue quand la quantité de sueur augmente, mais le poids des sels reste le même.

La présence de l'urée dans la sueur n'est pas absolument certaine, du moins à l'état normal ; elle n'a pas été signalée dans toutes les analyses.

Les premières parties de la sueur que l'on recueille sont acides, celles qui suivent neutres ou alcalines. M. Favre admet la présence d'un acide sudorique ; dont la formule en équivalents serait $C^{10}H^{8}O^{13}Az$? son existence et ses propriétés n'ont pas été confirmées par d'autres observateurs.

La sueur présente des variétés dans les diverses parties du corps. Sous les aisselles, dans l'intervalle des orteils, elle a une réaction alcaline, et l'odeur de l'acide caproïque, quoiqu'on n'y ait jamais signalé la présence de cet acide à l'état de liberté. Lorsqu'elle s'écoule en quantité très-abondante, la peau se recouvre

de sudamina, petites vésicules remplies d'un liquide acide, qui ne contient pas d'albumine, et qui paraît identique avec la sueur.

La sueur subit des altérations dans les maladies; l'urée se trouve en proportion notable dans quelques affections des reins, et les sueurs de cholériques; le sucre se trouve dans la sueur des diabétiques; la matière colorante de la bile dans les cas d'ictère.

Elle contient quelquefois des globules de sang, par suite d'hémorrhagie dans les glandes sudorifères. Elle est quelquefois colorée. La chromhydrose est une sécrétion anormale par ces mêmes glandes d'une matière colorante bleu foncé, formée, selon M. Robin, par des corpuscules lamelleux, polygonaux, irréguliers à angles nets, d'un violet ardoisé tirant au bleu.

CHAPITRE VII

DE L'URINE

REINS

Les reins sont des organes glanduleux destinés à la sécrétion de l'urine. Ils sont enveloppés par une membrane propre, fibreuse, formée de tissu conjonctif, et de quelques fibres de tissu élastique.

Le rein proprement dit est composé : 1° d'une couche corticale, d'apparence granuleuse, molle, rouge, envoyant des prolongements dits colonnes de Bertin entre les cônes de la substance tubuleuse. 2° de la substance tubuleuse qui présente la forme de pyramides, dites pyramides de Malpighi, réunies à leur partie inférieure en 7 à 20 papilles. De chacune de ces papilles, les canalicules urinifères partent en se ramifiant, passent dans la substance corticale, en prenant un trajet flexueux, et viennent se terminer dans des vésicules qui renferment un plexus vasculaire, dits corpuscules de Malpighi.

La composition chimique d'un organe aussi complexe est mal connue. On sait seulement que les extraits aqueux ou alcooliques de l'organe, renferment de la xanthine, de l'hypoxanthine, de la créatine, de la taurine, de la cystine, de la leucine, de l'inosite et des sels.

URINE

L'urine est le produit de l'excrétion rénale. Elle s'écoule d'une manière continue par les uretères, pénètre dans la vessie, s'y accumule et s'élimine par l'urèthre. Ses propriétés physiques et chimiques présentent de grandes variations aux différentes heures de la journée. Pour avoir des résultats comparables, il faut toujours étudier la totalité de l'urine rendue en vingt-quatre heures.

La quantité moyenne excrétée en ce laps de temps, oscille, d'après Becquerel, entre 1200 et 1300 grammes chez l'homme, 1300 à 1400 chez la femme. Elle peut s'élever jusqu'à 1800 grammes et s'abaisser jusqu'à 900 grammes dans l'état physiologique. Cette proportion varie avec une foule de causes : la température extérieure, le degré d'humidité de l'air, l'état de la peau et des muqueuses, l'activité de la respiration et de la circulation, l'exercice musculaire, la quantité des aliments et surtout des boissons ; les influences pathologiques peuvent également l'augmenter ou la diminuer.

La couleur de l'urine est jaune plus ou moins foncé ; elle augmente d'intensité en général avec le poids des

matières solides maintenues en dissolution; elle paraît surtout en rapport avec la proportion d'urates. Certaines matières colorantes changent la teinte de l'urine. Les unes pénètrent dans l'économie et s'éliminent par les reins; les autres s'y développent par suite d'une perturbation morbide des liquides de l'organisme, et apparaissent sous l'influence de quelques troubles fonctionnels. Parmi les premières, on cite la rhubarbe, la gomme-gutte, la racine de grande chélidoine, qui font prendre à l'urine une apparence jaune foncé, virant au rouge sous l'influence des alcalis; l'alisarine qui la colore en rose et donne lieu, après l'émission, à un précipité rosé; la garance, le bois de campêche, les mûres qui la teignent en rouge, l'indigo en bleu verdâtre. Parmi les secondes, on doit classer le sang, la bile, le pus, les matières grasses, etc.

L'urine éprouve des changements par le refroidissement et le repos. Physiologiquement claire et transparente, elle peut déposer des sédiments, ou donner naissance à des flocons muqueux, nommés nuages s'ils sont à la partie supérieure, énéorèmes s'ils se développent dans le tiers inférieur.

L'odeur de l'urine est faible, d'autant plus marquée que la proportion d'eau est moindre; persistante tant que sa réaction est acide; ammoniacale dès qu'elle se décompose et devient alcaline. Beaucoup de substances modifient ce caractère; l'essence de cubèbe, de genièvre, d'ail, de valériane, communiquent à l'urine leur propre odeur; l'essence de térébenthine et ses isomères

développent celle de la violette ; les asperges et certains légumes verts altèrent également son odeur. Ce fait ne s'observe plus quand le rein est atteint de la maladie de Bright.

La densité moyenne de l'urine rendue en vingt-quatre heures est, à 10°, de 1017, l'eau étant 1000. (Becquerel.) Elle oscille dans des limites assez étendues, en rapport avec la quantité de matières solides dissoutes ; elle varie surtout dans certains états pathologiques. On la prend à l'aide de la balance ; plus habituellement, avec le densimètre, à la température de 10°.

On se sert quelquefois de la densité pour calculer approximativement le poids des matières solides contenues dans l'urine ; on multiplie la différence entre 1000, et la densité trouvée par un facteur constant, 2,58 pour quelques auteurs, 2,32 pour d'autres, et même 1,65. L'incertitude qui règne sur le chiffre à prendre comme facteur suffit pour montrer que ce procédé ne peut donner des résultats exacts.

La réaction physiologique de l'urine varie avec la nourriture. Chez les sujets soumis à une alimentation mixte, elle est en général acide le matin, neutre ou légèrement alcaline après les repas, acide le reste du temps. Elle est toujours acide chez les carnivores et tous les animaux à jeun qui vivent aux dépens de leur propre tissu, neutre chez les herbivores. L'acidité de l'urine est due à la présence de sels acides ; les acides libres qu'elle contient, acides urique, hippurique, carbonique, ne sont pas assez énergiques, ou sont en

proportion trop faible pour rougir eux-mêmes le papier de tournesol. Mais, en présence des sels neutres, particulièrement du phosphate de sodium, contenu normalement dans l'urine, ils s'emparent, par le simple jeu des affinités, d'une partie de la base du sel, et la transforment en phosphate acide de sodium, doué d'une réaction acide bien manifeste.

On peut, artificiellement, rendre l'urine capable de rougir le papier de tournesol en introduisant dans l'économie des acides minéraux ou organiques; certains sels d'ammoniaque, aptes à former en brûlant de l'acide azotique, jouissent de la même propriété. La viande, prise comme nourriture, contient souvent des phosphates acides qui suffisent pour donner à l'urine leur propre réaction.

Les substances qui pénètrent dans les voies digestives mettent un temps variable pour passer dans l'urine. Sur un malade atteint d'extrophie de vessie, M. Hardy[1] a trouvé que 1 gramme d'iodure de potassium dissous dans 50 grammes d'eau, se reconnaît dans l'urine en 8 minutes 50 secondes; 3 grammes de cyano-ferrure de potassium, après 30 minutes; 10 grammes après 20 minutes; 6 grammes de bicarbonates alcalins rendent l'urine alcaline en 2 minutes 30 secondes; 1 gramme de rhubarbe donne à l'urine la propriété de se colorer en rose, sous l'influence de l'ammoniaque, après 14 minutes, et rouge foncé après 17 minutes; une infusion de séné, celle de se

[1] *Bulletin de la Société de biologie*, 3e série, t. V, p. 41, 1863.

colorer en rose, lorsqu'on ajoute de l'ammoniaque, après 16 minutes, en rouge foncé après 18 minutes.

MATIÈRES QUI SE TROUVENT DANS L'URINE NORMALE.

Urée.	Chlorure de sodium.
Créatinine.	— de potassium.
Créatine.	Sulfates.
Xanthine.	Phosphate de sodium.
Acide urique.	— de calcium.
— hippurique.	— de magnésium.
— phénylique.	Fer.
— taurylique.	Sels ammoniacaux.
— damalurique.	Acide silicique.
— damolique.	Azotates.
Matières colorantes.	Eau oxygénée.

MATIÈRES ANORMALES.

Albumine.	Acide benzoïque.
Sucre de diabète.	Matières grasses.
Inosite.	Acide sulfhydrique.
Matière colorante de la bile.	Allantoïne.
Acide lactique.	Leucine.
— acétique.	Tyrosine.
— butyrique.	

Urée CH^4Az^2O. — L'urée est le plus important des principes qui entrent dans la composition de l'urine. Obtenue pour la première fois à l'état impur, en 1773, par Rouelle le jeune, elle fut isolée en 1799 par Fourcroy et Vauquelin. Elle est très-répandue dans l'économie. Elle se trouve dans le sang, surtout celui de certains vaisseaux. Le sang de l'artère rénale est riche en urée ; celui de la veine rénale n'en contient que des traces. Le rein est un organe d'excrétion ; il agit comme un filtre incapable par lui-même de créer l'urée aux

dépens des éléments du sang, apte à séparer cette substance toute formée, et à la faire passer dans l'urine. L'urée se rencontre en quantité considérable dans les vaisseaux lymphatiques et le canal thoracique, d'après M. Wurtz. Elle se trouve encore dans l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée, le liquide de l'amnios, et, dans certains cas pathologiques, dans la sueur, la salive, la matière des vomissements, le liquide des hydropisies, la bile, etc. Elle n'a pas été signalée dans le liquide musculaire, riche cependant en substances qui donnent de l'urée par de faciles transformations. M. Picart a trouvé que

100 grammes	de salive contiennent..	0,035	d'urée.
100	— de bile.	0,030	—
100	— de sueur..	0,088	—
100	— d'humeur vitrée. . . .	0,500	—

L'urée est un amide de l'acide carbonique. On désigne sous le nom d'amide un sel ammoniacal, moins de l'eau, ou autrement les corps qui résultent du remplacement de l'hydrogène de l'ammoniaque par un radical acide. L'acide carbonique est un acide biatomique et bibasique; comme tel, en perdant deux molécules d'eau, il doit donner naissance à la carbodiamine ou urée.

$$\left.\begin{matrix} CO'' \\ 2(AzH^4) \end{matrix}\right\} O^2 - 2H^2O = \left.\begin{matrix} CO'' \\ H^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} Az$$

Carbonate d'ammonium. — Carbodiamine (urée).

M. Wœhler a obtenu l'urée par synthèse, soit en unissant l'acide cyanique et l'ammoniaque, soit en traitant le cyanate de potasse par un sel d'ammonia-

que, tel que le sulfate. Une double décomposition forme du sulfate de potasse et de l'urée.

$$\left.\begin{matrix}CO''\\H\end{matrix}\right\}Az + H^3Az = \left.\begin{matrix}CO''\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}Az^2$$

Acide cyanique. Urée.

On obtient l'urée dans de nombreuses réactions. On fait réagir l'ammoniaque sur le carbonate d'éthyle.

$$\left.\begin{matrix}CO''\\(C^2H^5)^2\end{matrix}\right\}O^2 + 2(AzH^3) = \left.\begin{matrix}CO''\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}Az^2 + 2\left(\left.\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}\right\}O\right)$$

Carbonate d'éthyle. Urée. Alcool.

On fait passer un courant de gaz ammoniac dans du chlorure de carbonyle. On sépare l'urée du chlorure d'ammonium qui se forme en même temps, en reprenant par l'alcool absolu.

$$\left.\begin{matrix}CO''\\Cl^2\end{matrix}\right\} + 4AzH^3 = 2AzH^4Cl + \left.\begin{matrix}CO''\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}Az^2$$

On chauffe l'oxamide avec l'oxyde de mercure jusqu'à ce que la masse devienne grisâtre, on reprend par l'eau bouillante, on filtre et on fait cristalliser.

$$\left.\begin{matrix}C^2O^{2}{}''\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}Az^2 + HgO = Hg + CO^2 + \left.\begin{matrix}CO''\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}Az^2$$

Oxamide. Urée.

L'urée prend naissance comme produit accessoire ou définitif dans l'action des oxydants sur l'acide urique, des alcalis sur la créatine, de l'acide azotique sur l'allantoïne, etc.

Préparation.—Pour obtenir artificiellement l'urée, on réduit en poudre 28 parties de ferro-cyanure de potassium jaune bien sec; on les mêle intimement avec 14

de peroxyde de manganèse également bien pulvérisé; on chauffe le mélange sur une plaque de tôle portée au rouge obscur; il noircit et entre en demi-fusion par suite de la formation du cyanate de potasse; on pulvérise grossièrement la masse refroidie, et on l'épuise avec de l'eau froide; à la dissolution filtrée on ajoute 20 parties 1/2 de sulfate d'ammoniaque; s'il se produit un précipité de sulfate de potasse, on laisse reposer et on décante; on évapore ensuite la solution au bain-marie, et on épuise le résidu, coloré habituellement en bleu verdâtre, par l'alcool bouillant, qui dissout l'urée et laisse le sulfate de potasse; la solution alcoolique fournit l'urée par évaporation; on la purifie en la faisant recristalliser.

Pour extraire l'urée de l'urine, on évapore celle-ci au bain-marie, et on essaye de temps à autre, sur de petites quantités, si le liquide se concrète par l'acide azotique de 1,42. Dès qu'il se présente dans cet état de concentration, on le laisse refroidir, et on y ajoute un volume d'acide azotique égal au sien; on recueille les cristaux sur un entonnoir ou sur des briques, et, quand ils sont secs, on les dissout de nouveau, pour les décolorer, avec du charbon animal lavé à l'acide chlorhydrique; on chauffe au bain-marie quelques instants, puis on filtre. Par le refroidissement, on obtient des cristaux incolores d'azotate d'urée; on les délaye dans l'eau, puis on ajoute une solution concentrée de carbonate de potassium, jusqu'à ce que toute effervescence ait cessé; il se dégage de l'acide carbonique, et il reste de l'azotate de potassium et de l'urée en solu-

tion; on évapore à sec et on épuise le résidu par l'alcool absolu, qui dissout seulement l'urée et l'abandonne en cristaux par évaporation.

On peut encore décomposer deux volumes d'urine par un volume d'une dissolution d'hydrate et d'azotate de baryum; on sépare par filtration le précipité de phosphate et de sulfate de baryum, et on évapore à sec dans un bain-marie; on reprend le résidu par l'alcool, on évapore à sec le liquide filtré et on reprend de nouveau par l'alcool absolu; la dissolution contient de l'urée, qui cristallise en aiguilles par l'évaporation.

Propriétés. — L'urée est incolore à l'état de pureté; elle cristallise en aiguilles qui se reconnaissent facilement au microscope; sa saveur est fraîche et amère, semblable à celle du salpêtre; elle n'a pas d'action sur les papiers réactifs. Elle exige, pour se dissoudre, une partie d'eau à 15°, et produit du froid en se dissolvant. Elle se dissout dans 5 parties d'alcool froid de 0,816 et 1 partie d'alcool bouillant. Elle est très-peu soluble dans l'éther et dans l'essence de térébenthine. Les solutions sont neutres. Elle fond à 120°, et se décompose à quelques degrés au-dessus de cette température, en dégageant de l'ammoniaque, du carbonate d'ammoniaque et en laissant un résidu d'ammeline $\left.\begin{matrix} CO'' \\ C^2Az^2 \\ H^5 \end{matrix}\right\} Az^3$, et de biuret $\left.\begin{matrix} CO'' \\ CO'' \\ H^5 \end{matrix}\right\} Az^3$.

Le chlore transforme l'urée fondue en acide cyanurique, acide chlorhydrique, chlorhydrate d'ammoniaque et azote. Il décompose immédiatement une solution aqueuse d'urée en dégageant de l'acide carbonique et de l'azote.

$$\left.\begin{matrix}CO\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\} Az^2 + H^2O + 6Cl^2 = CO^2 + Az^2 + 6HCl.$$

L'urée, chauffée avec de l'eau à la température de 140° dans un tube scellé à la lampe, absorbe deux molécules de ce liquide et se transforme en carbonate d'ammonium.

$$\underset{\text{Urée.}}{\left.\begin{matrix}CO\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}} Az^2 + 2H^2O = \underset{\text{Carbonate d'ammoniaque.}}{\left.\begin{matrix}CO''\\(AzH^4)^2\end{matrix}\right\}} O^2.$$

Cette réaction, très-lente à froid si l'urée est pure, se produit avec une grande rapidité en présence de certains ferments qui se développent dans l'urine abandonnée à l'air.

L'acide azoteux transforme l'urée en anhydride carbonique, eau et en azote.

$$\underset{\text{Urée.}}{\left.\begin{matrix}CO''\\H^2\\H^2\end{matrix}\right\}} Az^2 + 2\underset{\text{Acide azoteux.}}{\left(\left.\begin{matrix}AzO\\H\end{matrix}\right\} O\right)} = CO^2 + 3H^2O + 2Az^2.$$

Un mélange de dissolutions d'urée et d'azotate d'argent se décompose, par l'évaporation, en azotate d'ammonium et cyanate d'argent, réaction inverse de celle qui sert à préparer l'urée à l'aide de l'acide cyanique.

L'urée jouit, comme les alcaloïdes, de la propriété

de se combiner aux acides; il est à remarquer cependant qu'elle ne s'unit pas avec les acides acétique, lactique, hippurique. Observation importante, qui fait admettre que ces diverses substances peuvent se trouver en présence, et à l'état libre dans l'urine.

Azotate d'urée. — L'acide azotique se combine à l'urée et forme des prismes ou des écailles brillantes d'azotate d'urée. Ces cristaux sont anhydres, rougissent la teinture de tournesol; ils sont beaucoup plus solubles à chaud qu'à froid; chauffés à 140°, ils dégagent de l'acide carbonique et du protoxyde d'azote.

Oxalate d'urée. — Poudre blanche, cristalline, plus soluble à chaud qu'à froid, qui s'obtient en mêlant des solutions d'acide oxalique et d'urée.

Origine de l'urée. — L'urée est le produit ultime de la décomposition des matières azotées qui se trouvent dans l'organisme. M. Béchamp obtient une transformation semblable en oxydant les matières albuminoïdes dans une solution alcaline. On mêle 10 grammes de matière albuminoïde pure et sèche (privée de corps gras et de matière sucrée) avec 200 à 300 centimètres cubes d'eau distillée, et quand la masse est bien hydratée, on ajoute 60 à 75 grammes d'hypermanganate de potasse; on chauffe le mélange de 60 à 80° dans un bain-marie en agitant sans cesse; à un certain moment la réaction devient vive, s'accompagne d'un dégagement de chaleur; on filtre, on lave le dépôt de bioxyde de manganèse, on précipite le liquide incolore par l'acétate de plomb en évitant l'emploi d'un trop grand excès qui redissoudrait le précipité;

on filtre, on décompose exactement le nouveau liquide par l'hydrogène sulfuré sans en employer un excès; dans la solution filtrée on ajoute de l'azotate de bioxyde de mercure et de l'eau de baryte successivement jusqu'à ce que le liquide, devenu presque neutre, ne donne plus de précipité blanc par le sel mercuriel, ou mieux jusqu'à ce qu'une nouvelle addition d'eau de baryte détermine la formation d'un précipité jaune persistant; le précipité occupe un grand volume, on le recueille, on le lave à l'eau distillée et pendant qu'il est encore humide, on le décompose par l'hydrogène sulfuré; on filtre, on sature la solution acide par du carbonate de baryum; on filtre et on évapore au bain-marie; le résidu tantôt cristallise, tantôt reste visqueux; on l'épuise par l'alcool à 95°; la solution donne par l'évaporation des cristaux d'urée, qui peuvent facilement être transformés ensuite en azotate d'urée.

La plupart des anciens physiologistes pensaient que l'urée se forme directement dans les reins. Récemment encore, Zalesky crut démontrer que le sang des chiens, avant et après l'extirpation des reins, possède une même quantité d'urée, et en acquiert une proportion plus considérable après la ligature des uretères. Cette opinion est cependant contredite par la plupart des observateurs modernes. En 1823, MM. Dumas et Prévost virent qu'après la néphrotomie, l'urée s'accumule dans le sang et se retrouve dans la bile, la salive, le lait; ils en conclurent que le rein n'est qu'un organe d'élimination. MM. Bernard et Barreswill confirmèrent leurs observations et constatèrent de plus

qu'après l'ablation des reins, les sécrétions intestinales, particulièrement la sécrétion gastrique augmentent considérablement et changent de type, c'est-à-dire, que d'intermittentes elles deviennent continues. En même temps des sels ammoniacaux s'éliminent par la sécrétion gastrique; enfin lorsque l'animal s'affaiblit, que les sécrétions diminuent, l'urée apparaît dans le sang. M. Gréhant est arrivé au même résultat, mais en opérant par un procédé plus délicat, il démontra que quelques heures après la néphrotomie, l'urée s'accumule dans le sang, en quantité égale à celle que les reins eussent excrétée pendant le même temps, dans les conditions normales. Il ne trouva pas de différence en remplaçant la néphrotomie par la ligature des uretères. Hammond, après la néphrotomie, signala la présence de l'urée et de l'ammoniaque dans les matières fécales.

Une autre preuve de l'exactitude de cette théorie se tire de l'examen du sang de l'artère et de la veine rénale. L'artère contient toujours plus d'urée que la veine, et la différence est précisément égale à celle qui s'élimine par l'uretère pendant le même temps. M. Gréhant recueillit par une fistule de l'uretère, l'urine excrétée pendant un certain temps, puis il prit dans l'artère rénale et dans la veine rénale le sang qui s'écoule dans ces vaisseaux pendant le même temps, et il constata que le poids d'urée excrétée par l'urine, est égal au poids d'urée que le sang artériel contient en plus que le sang veineux. M. Picart, sur des chiens chloroformés, trouva dans 100 grammes

de sang artériel rénal 0gr,036 d'urée dans 100 de sang veineux rénal 0gr,018, dans d'autres expériences 0gr,04 et 0gr,02.

Élimination de l'urée. — Les matières azotées, devenues impropres à entretenir la vie, et destinées à être rejetées au dehors, s'éliminent surtout à l'état d'urée. La proportion d'urée, excrétée pendant un temps déterminé, est à peu près l'équivalent de la quantité de matières azotées désassimilées pendant le même temps. Pettenkoffer et Voit ont montré qu'en effet la totalité de l'azote des aliments ingérés se retrouve dans l'urine et les excréments, et tout l'azote inspiré dans les produits de l'expiration; la peau et les poumons ont une action à peu près nulle, inférieure même à celle déjà très-faible que leur avait attribuée M. Regnault; la perte par la sueur est nulle chez l'homme.

Les matières fécales renferment toujours, mais en quantité relativement faible, une partie de l'azote rejeté au dehors, résultat facile à comprendre, car elles ne contiennent guère que le résidu des aliments non absorbés et les produits de sécrétions des glandes de l'intestin. L'urine reste seule la voie d'élimination de l'azote. Sur un chien soumis à la ration d'entretien, et dont le poids reste constant, Pettenkofer et Voit ont vu l'urée excrétée, contenir une quantité d'azote égale à celle renfermée dans les aliments. La détermination de cette substance fournit donc le moyen de connaître l'activité plus ou moins grande de la désassimilation des matières azotées introduites dans l'économie, d'où

l'importance exceptionnelle du dosage de ce produit pour connaître les modifications qu'éprouvent les phénomènes de nutrition.

La proportion d'urée éliminée varie avec toutes les causes qui influent sur l'alimentation ou sur la nutrition des organes. Elle augmente quand la nourriture est abondante et riche en éléments azotés ; elle s'accroît également par un déploiement régulier de l'activité des organes de la respiration et de la circulation, et diminue par toutes les circonstances opposées, alimentation insuffisante ou pauvre en matière azotée, état affaibli des poumons et des organes circulatoires. Elle présente des différences suivant le poids, la grosseur et l'embonpoint des animaux; pendant les premiers jours de l'abstinence, ceux qui sont riches en graisse rejettent plus d'urée que les autres.

L'urée est excrétée pendant toute la durée de la vie, elle se trouve encore dans l'urine des sujets soumis à la diète et même chez ceux qui sont morts d'inanition. M. Bernard, en étudiant comparativement la composition de l'urine chez les carnivores et les herbivores, a vu toutes les différences s'effacer quand les animaux sont soumis à la diète depuis un temps suffisamment prolongé. Dans ces conditions, en effet, ils sont tous carnivores, vivent sur leur propre tissu et par suite excrètent une urine qui a les mêmes caractères et contient des proportions considérables d'urée.

CHIEN NOURRI, AVANT D'ÊTRE SOUMIS A LA DIÈTE, AVEC 1,750 A 1,800 GRAMMES DE VIANDE MAIGRE.

Poids du corps en kilogrammes.	Eau prise en boisson.	Urine en centimètres cubes.	Urée en grammes.	Perte de poids en kilogrammes.	Perte de poids pour 1 kil. de poids du corps en grammes.	Urée pour 1 kil. de perte de poids du corps en milligrammes.	Urée pour 1 kil. de perte de poids en milligrammes.
33,31		202	24,48	0,59	18	0,73	41
32,72	0	225	25,56	0,58	18	0,78	44
32,14		205	22,76	0,52	16	0,71	44
31,62		203	20,30	0,51	16	0,64	40
31,11	63,0	135	13,23	0,42	14	0,42	32
30,75	0	160	15,23	0,42	14	0,50	36
30,53		»	»	»	»	»	»

LE MÊME CHIEN, NOURRI EN DÉCROISSANT TOUS LES DEUX JOURS AVEC 900, 600, 300, 176 GRAMMES DE VIANDE.

Poids du corps en kilogrammes.	Eau prise en boisson.	Urine en centimètres cubes.	Urée en grammes.	Perte de poids en kilogrammes.	Perte de poids pour 1 kil. de poids du corps en grammes.	Urée pour 1 kil. de perte de poids du corps en milligrammes.	Urée pour 1 kil. de perte de poids en milligrammes.
32,85	»	186,2	16,93	0,47	14	0,52	36
32,38	0	170,2	17,00	0,48	15	0,53	35
31,90	»	156,2	15,76	0,43	13	0,40	37
31,47	»	»	»	»	»	»	»

CHIEN NOURRI AVANT LA DIÈTE AVEC DE LA VIANDE ET DU BEURRE. — PENDANT LA DIÈTE, TOUS LES JOURS EAU EN BOISSON.

Poids du corps en kilog.	Eau prise en boisson.	Poids du corps + eau.	Urine en centimètres cubes.	Urée en grammes.	Perte de poids en kilogram.	Perte de poids pour 1 kil. de poids du corps en grammes.	Urée pour 1 kil. de perte de poids du corps en milligrammes.	Urée pour 1 kil. de perte de poids en milligrammes.
40,30	318	40,62	384	37,48	0,94	19	0,93	49
39,68	261	39,90	255	23,26	0,71	18	0,59	33
39,19	460	39,65	194	16,66	0,89	23	0,43	18
38,76	102	38,76	165	14,85	0,41	11	0,38	36
38,35	122	38,47	150	12,60	0,51	13	0,33	31
37,96	215	38,18	155	12,77	0,46	12	0,33	28
37,72	216	37,94	154	12,01	0,55	14	0,32	23
37,32	»	»	»	»	»	»	»	»

D'après M. Le Canu, l'urée est excrétée en quantité égale, pendant des temps égaux, chez un même individu ; en quantité variable, pendant des temps égaux, chez des individus différents. Cette quantité est en rapport avec l'âge et le sexe, plus grande chez les hommes que chez les femmes et les enfants. La moyenne, en 24 heures, est de 28 grammes pour les hommes, 19 pour les femmes, 8 pour les vieillards.

M. Becquerel a donné les chiffres suivants :

	DENSITÉ DE L'URINE.	QUANTITÉ D'URÉE RENDUE EN 24 HEURES.	QUANTITÉ D'URÉE DANS 100 GRAMMES D'URINE.
Hommes.	1018,9	17,5	13,8
Femmes.	1115,1	15,5	10,5

Les reins excrètent moins d'urée pendant la nuit que pendant le jour. Un sujet pesant 60 kilogr. rendait 37 grammes d'urée en 24 heures ; 20 grammes pour le jour, 17 grammes pour la nuit. Dans le jour, la proportion est moindre le matin, et s'accroît après les repas.

La quantité d'urée évacuée par un homme en bonne santé est d'après Vogel :

En 24 heures.	25 à 40	grammes.
En 1 heure.	1,0 à 1,66	—

ou pour un kilogramme de poids du corps :

En 24 heures.	0,37 à 0,60	grammes.
En 1 heure.	0,015 à 0,035	—

Uhle, en 24 heures, trouva pour un kilogramme de poids du corps :

Chez un enfant de	3 à 6 ans. . .	1,0 gramme.
—	8 à 11 ans. . .	0,8 —
—	13 à 16 ans. . .	0,4 à 0,6 —

La proportion est plus faible chez la femme, et moindre encore chez l'enfant. Relativement au poids du corps, la quantité d'urée éliminée est plus grande pendant la croissance.

Toutes les causes qui font augmenter la quantité des matières protéiques contenues dans l'organisme, diminuent la quantité d'urée éliminée. Aussi cette proportion est-elle plus faible pendant le sommeil que pendant la veille, à la suite d'une alimentation purement végétale, etc.

L'augmentation d'eau introduite dans les boissons, en exagérant la quantité d'urine, accroît le poids total de l'urée rendue en vingt-quatre heures. L'eau en excès paraît donc faciliter les réactions qui donnent naissance à l'urée. On a dit, par hypothèse, qu'elle agissait en hâtant l'oxydation de l'acide urique, que cette transformation était plus prompte encore en présence des solutions alcalines. Ces inductions théoriques ont conduit à employer, pour le traitement de la goutte, les bains, les eaux alcalines, le grand air et les exercices modérés.

L'ingestion du sel marin augmente également le poids de l'urée excrétée. Ces deux substances existent en combinaison dans l'urine et forment quelquefois un composé qui cristallise par l'évaporation du liquide.

Pendant les maladies, l'urée subit tantôt un accroissement, tantôt une diminution dans sa quantité.

Elle augmente au début des maladies aiguës et peut s'élever à 50 ou 60 grammes en vingt-quatre heures, puis revient progressivement à l'état normal.

Dans la fièvre intermittente, par exemple, elle s'élève pendant les accès, dès et souvent même avant la période de frissons.

Elle oscille pendant l'état fébrile de la fièvre typhoïde entre 40 et 55 grammes, et, dans la convalescence, revient au chiffre normal. Dans un cas de typhus mortel elle s'est élevée à 35, 40 et 50 grammes, puis elle a diminué, aux approches de la mort, à 25, 20, 10 grammes, et, à la fin, 5 grammes en vingt-quatre heures.

Pendant la période ascendante de la pneumonie, l'urée excrétée s'élève à 50, 60 et 70 grammes, elle descend ensuite à 25 et 20 grammes.

La proportion d'urée diminue par toutes les causes qui amoindrissent la quantité de matières protéiques et de substances propres à lui donner naissance.

Dans les maladies du cœur ou les hydropisies, son poids oscille longtemps entre 20, 25 et 28 grammes. Sous l'influence des diurétiques, il peut s'élever à 50 et 60 grammes. Quand il y a des accidents d'urémie, il s'abaisse à 12 ou 10 grammes, et peut remonter jusqu'à 25 grammes par l'effet des diurétiques.

Lors des maladies chroniques, l'affaiblissement de

la nutrition amène l'urée à un chiffre inférieur à la proportion normale.

Dosage de l'urée. — *Méthode de Heintz* — On pèse une quantité d'urine fraîche et froide dans un vase de 25^{cc} de capacité et on en fait deux parts : la première, du poids de 6 à 8 grammes, est abandonnée pendant vingt-quatre heures dans un lieu frais, avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique ; l'acide urique se dépose. On ajoute au liquide, filtré et versé dans un creuset de platine, 6 grammes d'acide sulfurique ; on évapore doucement jusqu'à ce que le dégagement de gaz s'établisse ; on recouvre le creuset avec un verre de montre, pour éviter les projections, et on le chauffe jusqu'à ce que les vapeurs acides en remplissent la capacité ; on peut élever la température jusqu'à 190° sans danger. Lorsque la réaction est terminée, on filtre, on reçoit le liquide et les eaux de lavage dans une capsule de porcelaine, et on évapore presque à sec ; on ajoute au résidu de l'acide chlorhydrique et du bichlorure de platine, on recueille le précipité sur un filtre, et, après l'avoir bien lavé, on le dessèche et on le pèse. Le poids se compose du poids du chlorure double d'ammonium et de platine, provenant du sulfate d'ammoniaque, fourni au dépens de l'urée et des sels ammoniacaux existant dans l'urine, et du poids du chlorure double de platine et de potassium, provenant des sels de potasse que l'urine renfermait.

La seconde portion de l'urine est directement précipitée par le chlorure de platine ; on recueille et on lave le précipité avec les précautions ordinaires ; il

contient les chlorures doubles, fournis aux dépens des sels potassiques et ammoniacaux de l'urine. Il est évident que si on défalque ce poids de celui du premier précipité, rapportés tous deux au même poids d'urine, la différence donne la quantité de chlorure ammoniaco-platinique, qui provient de l'urée. Deux molécules de chlorure double correspondant à une molécule d'urée, il est facile d'obtenir, par le calcul, le poids de cette dernière substance.

Méthode de Millon. — On prépare de l'azotate mercureux en dissolvant, à une température peu élevée, 125 grammes de mercure dans 168 grammes d'acide azotique d'une densité égale à 1,4; on étend la dissolution de deux fois son volume d'eau et on l'enferme dans un flacon. On introduit 20 grammes d'urine et 40 à 50^{cc} de la dissolution mercurielle, dans un ballon de 150 à 200^{cc} de capacité, au col duquel on adapte un bouchon traversé par deux tubes; l'un de ces tubes est fermé à la lampe, l'autre communique avec un tube en V rempli de ponce sulfurique et mis, lui-même, en communication avec un appareil à boules de Liebig, rempli d'une dissolution de potasse et pesé. La réaction commence à froid; la décomposition complète exige que l'on fasse bouillir un instant le mélange. Après avoir brisé la pointe de l'autre tube qui pénètre dans le ballon, on aspire pour entraîner tout l'acide carbonique; l'augmentation de poids de l'appareil à boules donne le poids de l'acide carbonique; en multipliant ce poids par 1,3636 on obtient celui de l'urée.

M. Gréhant[1] a rendu ce procédé plus exact, en décomposant l'urée par le sel mercuriel dans un tube de verre de 2^{cc} de diamètre et long de 1 mètre, présentant une courbure à angle obtus; l'une des branches plus courte est verticale, l'autre branche plus longue est inclinée sur l'horizon; l'extrémité de celle-ci est effilée et fixée à la pompe à mercure par un tube en caoutchouc entouré d'un manchon plein d'eau. A l'extrémité inférieure de la branche verticale, on soude un long tube de verre étroit qui s'élève d'abord et se recourbe en présentant à peu près la forme d'un M. Ce tube offre à son milieu un robinet de verre que l'on maintient dans un vase plein d'eau froide; la branche verticale du tube à réaction est immergée dans un vase rempli d'eau bouillante. Pour appliquer cet appareil au dosage de l'urée dans l'urine, il est nécessaire, si celle-ci est alcaline, de chasser l'acide carbonique à l'aide d'une petite quantité d'acide azotique étendu, ce qui permet de doser d'abord la quantité de cet acide carbonique combiné. L'urine et le réactif de Millon sont introduits par aspiration dans le tube à réaction. On recueille successivement les gaz dans trois cloches graduées; on absorbe l'acide carbonique par la potasse, le bioxyde d'azote par le sulfate ferreux, et il reste l'azote libre.

Méthode de Leconte. — M. Leconte chauffe, dans un petit ballon de 150^{cc} dont le tube adducteur s'engage sous une éprouvette graduée, 10^{cc} d'urine avec une

[1] Gréhant, Thèse présentée à la Faculté des sciences, page 19. 1870.

dissolution d'hypochlorite de sodium, qui remplit tout l'appareil, ballon et tube à dégagement; il chauffe doucement, puis maintient quelque temps l'ébullition; il obtient par cette réaction du chlorure de sodium, de l'eau et de l'acide carbonique qui reste uni à la soude, et un dégagement d'azote parfaitement pur. Bien que la théorie indique que 0,1 décigramme d'urée doive fournir 37^{cc} cubes d'azote, l'expérience prouve que l'on n'en obtient jamais que 34, et ce chiffre peut servir pour calculer le poids d'urée contenue dans l'urine, connaissant le volume du gaz produit.

20 grammes d'urine doivent être préalablement précipitées par le sous-acétate de plomb, portées à l'ébullition et filtrées, puis, l'excès de plomb précipité par 3 grammes du carbonate de sodium pulvérisé. Après avoir été portée à l'ébullition, l'urine est filtrée et étendue d'eau, de manière à former 50^{cc}; la moitié de ce liquide représente 10^{cc} d'urine.

Méthode de Bunsen. — M. Bunsen chauffe à 240°, dans des tubes fermés, l'urine avec de l'eau, du chlorure de baryum et de l'ammoniaque. Après avoir préalablement filtré la solution pour enlever le précipité formé par les sels de l'urine, il obtient une quantité de carbonate de baryte équivalente au poids d'urée contenue dans la solution.

Méthode volumétrique de Liebig. — Lorsqu'on ajoute peu à peu à une solution étendue d'urée, une solution également étendue de nitrate mercurique, et

qu'on neutralise, de temps en temps, l'acide libre du mélange par de l'eau de baryte ou du carbonate de sodium étendu, on obtient un précipité blanc floconneux. En continuant ainsi à ajouter du sel de mercure et à essayer le liquide avec le carbonate de sodium, il arrive un moment où le carbonate de sodium détermine, là où tombe la goutte, une coloration jaune. Ceci arrive lorsque toute l'urée a été précipitée et qu'un léger excès de sel mercuriel forme avec le carbonate de sodium une combinaison jaune d'hydrate d'oxyde mercurique et de sous-nitrate mercurique. Le précipité qui se dépose d'abord, a pour formule $2(CH^4Az^2O),Az^2O^5$, $4HgO$ et peut être utilisé pour le dosage de l'urée.

On emploie, comme liqueur normale et titrée, une dissolution d'azotate de mercure.

Solution normale d'urée. — On dissout 4 grammes d'urée pure et desséchée à 100°, dans 200^{cc} d'eau distillée : 10^{cc} de cette dissolution contiennent 200 milligrammes d'urée.

Solution mercurielle. — On prépare une dissolution d'azotate de mercure d'une concentration telle, que 20^{cc} précipitent 10^{cc} de la solution d'urée ; c'est-à-dire que chaque centimètre cube de la dissolution mercurielle précipite 10 milligrammes d'urée en solution dans $1/2^{cc}$ d'eau. La combinaison se produit entre 2 atomes d'urée et 4 atomes d'oxyde de mercure, par conséquent 100 milligrammes d'urée demandent 720 milligrammes d'oxyde de mercure. On doit cependant, d'après Liebig, employer un petit excès d'oxyde de mercure, $5^{mm},2$ par centimètre cube;

dès lors, un litre doit contenir 77^{gr},2 d'oxyde de mercure, ou 71^{gr},48 de mercure.

Préparation avec le mercure métallique. — On dissout 71^{gr},48 de mercure dans de l'acide azotique pur et en excès. On évapore la dissolution en consistance sirupeuse, et on ajoute de l'eau de manière à obtenir un litre de liquide.

Préparation avec l'oxyde de mercure. — On dissout 77^{gr},2 d'oxyde de mercure pur et desséché à 100° dans de l'acide azotique pur, et on l'étend d'eau de manière à produire un litre de liquide.

Pour titrer la dissolution mercurique, on met dans un vase 10^{cc} de la dissolution normale d'urée, et on verse goutte à goutte la solution mercurielle avec une burette graduée, jusqu'à ce qu'une goutte du mélange, portée sur un verre de montre et saturée par le carbonate de sodium, donne la coloration jaune. Si 19^{cc},2 de dissolution suffisent, au lieu de 20^{cc}, pour arriver à la saturation, on ajoutera 8^{cc} à 192^{cc} pour obtenir 200^{cc} d'une dissolution qui précipite exactement l'urée contenue dans 10^{cc}, c'est-à-dire 200 milligrammes d'urée. 20^{cc} de dissolution mercurielle correspondant à 200 milligrammes d'urée, 0^{cc},1 répond à 1 milligramme d'urée. Par conséquent, le liquide essayé contiendra autant de milligrammes d'urée qu'il aura fallu de dixièmes de centimètre cube de dissolution mercurielle pour arriver à la saturation.

Solution de baryte. — On mêle un volume d'azotate de baryte et deux volumes d'eau de baryte saturée à froid.

Dosage de l'urée dans l'urine. — On commence à enlever à l'urine les sulfates et les phosphates qu'elle contient, en ajoutant un volume de la solution barytique pour deux volumes d'urine, et on filtre. 15^{cc} de ce liquide correspondent à 10 grammes d'urine. Si la quantité de sulfates et de phosphates est très-considérable, on emploiera un volume plus considérable de la solution barytique.

On n'obtient par cette méthode des résultats exacts que lorsque l'urine contient 2 pour 100 d'urée. Quand l'urine en renferme un poids plus élevé, on fait un premier essai, et on ajoute ensuite à l'urine un nombre de centimètres cubes d'eau égal à la moitié du nombre des centimètres cubes de la solution mercurielle, qui dépassait le double du nombre de centimètres cubes de l'urine employée.

S'il a fallu, par exemple, 50^{cc} de solution mercurielle pour 15^{cc} d'urine, il y a 20^{cc} au-dessus de 30, il faudra donc ajouter 10^{cc} d'eau. Chaque dixième de centimètre cube, dans ce nouveau dosage, répond à 1 milligramme d'urée.

Lorsque l'urine contient moins de 2 pour 100 d'urée, il faut employer un excès de sel de mercure pour atteindre la fin de la réaction; par suite, on trouve une proportion trop forte d'urée. Pour arriver à un résultat sensiblement exact, l'expérience prouve qu'il suffit de retrancher un dixième de centimètre cube par chaque 5^{cc} du nombre des divisions de la solution mercurielle versée en moins que le double du nombre de centimètres cubes du mélange d'urée et de solution

barytique. Si, par exemple, pour 15^{cc} du mélange d'urine et de baryte, qui représentent 10^{cc} d'urine, il suffit de 23^{cc} de la solution mercurielle pour arriver à la saturation, au lieu de 30^{cc} nécessaires quand les proportions sont bien déterminées, on devra diminuer les 23^{cc} de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube $\times \frac{7}{5} = 0^{cc},14$. Le titre exact devient 22,86.

Erreur due à la présence du chlorure de sodium. — Une solution d'azotate de mercure, versée dans une solution d'urée en présence du chlorure de sodium, ne produit pas de trouble; mais il se forme par double décomposition du bichlorure de mercure, et l'urée n'est précipitée par l'azotate de mercure que lorsque tout le chlore du chlorure de sodium est transformé en bichlorure de mercure.

Pour éliminer approximativement cette cause d'erreur, quand la proportion de sel marin oscille entre 1 et 1 1/2 pour 100, on retranche 2^{cc} sur le nombre total des centimètres cubes d'azotate mercurique qu'il a fallu employer.

On arrive à un résultat parfaitement exact en déterminant d'abord, à l'aide d'une solution titrée d'azotate d'argent, la quantité de chlore contenue dans l'urine, puis en ajoutant, à 15^{cc} du mélange d'urine et de solution de baryte correspondant à 10^{cc} d'urine, une quantité d'azotate d'argent nécessaire pour précipiter le chlore de 10^{cc} d'urine. On dose ensuite l'urée, sans filtrer, par l'azotate de mercure.

Carbonate d'ammoniaque. — Quand l'urine contient du carbonate d'ammoniaque provenant seulement de

la décomposition de l'urée, Liebig a montré que le dosage pouvait se faire sans erreur, comme avec l'urine fraîche. Le précipité résulte de l'union de l'ammoniaque avec l'azotate mercurique.

On obtient un résultat tout à fait exact en ajoutant la solution barytique à l'urine, chauffant le mélange pour chasser l'ammoniaque et déterminant l'urée; puis, dans un second essai fait avec de l'urine, sans addition de solution barytique, en dosant l'ammoniaque avec une liqueur titrée d'acide sulfurique.

Sucre et albumine. — Le sucre n'empêche pas le dosage par la liqueur mercurielle. Quand l'urine contient de l'albumine, on ajoute de l'acide acétique, on coagule par la chaleur, et on dose l'urée dans le liquide filtré.

Acide urique. — L'acide urique, découvert en 1776 par Scheele, se rencontre, libre ou combiné, dans les excréments des serpents, des oiseaux et des insectes, les calculs et certains dépôts urinaires. Il existe à l'état de sel dans l'urine de l'homme et des carnivores, et manque habituellement dans celle des herbivores, quoiqu'on ait constaté, même chez eux, la présence de l'acide urique dans plusieurs organes, foie, rate, reins, pancréas, cerveau, muscles, et dans le sang. Il apparaît dès que ces derniers animaux changent de nourriture, lorsque, maintenus à la diète, ils vivent de leurs propres tissus, durant l'enfance, pendant l'alimentation lactée.

L'acide urique n'existe pas normalement à l'état libre dans l'urine. En présence du phosphate neutre

de sodium, il s'empare d'une partie de la base, et forme du phosphate acide de sodium et de l'urate acide de sodium. Ces deux sels existent dans l'urine et lui donnent sa réaction acide. On y trouve aussi un peu d'urate d'ammoniaque et des traces d'urate de potassium et d'urate de magnésium.

En refroidissant à 0° l'urine fraîche et concentrée, elle se trouble et donne en quelques jours un dépôt d'urates qui se dissolvent dans l'eau par l'action de la chaleur. La même réaction se produit artificiellement lorsqu'on mêle de l'urate de soude avec une petite quantité d'urates de potasse et d'ammoniaque. Les cristaux qui se forment ressemblent à ceux qui existent dans certains sédiments. Ces sels ne paraissent d'ailleurs qu'à l'état de mélange.

L'urine contient, d'après Becquerel, $0^{gr},598$ d'acide urique pour 1000 grammes d'urine, d'une densité de 1,017, les matières solides étant de 1,3 pour 100 ; ce qui représente de $0^{c},30$ à $0^{c},50$ d'acide urique par jour et par homme.

Les urates augmentent en quantité dans les affections du cœur et du foie, les phlegmasies aiguës, la fièvre, et surtout la goutte. Ils peuvent s'élever à 1,7 en vingt-quatre heures pour 1000 d'urine. En général, la proportion d'eau s'abaisse en même temps, et l'excès d'urates se dépose par le refroidissement en entraînant la matière colorante. La diminution des urates se remarque dans toutes les maladies accompagnées d'une grande débilité, chlorose, anémie, etc.

Pour préparer l'acide urique on se sert avantageu-

sement des excréments des serpents. On les réduit en poudre, on les fait dissoudre dans la potasse diluée, 1 de potasse pour 10 d'eau, et on fait bouillir tant qu'il se dégage une odeur ammoniacale; on dirige dans la solution filtrée un courant d'acide carbonique jusqu'à ce que le précipité, d'abord gélatineux, ait acquis une consistance grenue et se dépose au fond, c'est-à-dire, jusqu'à ce que le liquide soit presque neutre. Le précipité est de l'urate acide de potasse, on le recueille sur un filtre et on le lave. L'urate ainsi obtenu est blanc; on le dissout dans la potasse diluée et on verse la solution encore bouillante dans de l'acide chlorhydrique, et on obtient de l'acide urique parfaitement pur.

On peut également faire bouillir les excréments de serpent avec un poids égal de potasse caustique étendue de 14 parties d'eau, et filtrer la solution chaude dans un mélange de 2 parties d'acide sulfurique et 8 parties d'eau en agitant continuellement; on lave le produit par décantation.

L'acide urique précipité par l'acide chlorhydrique est anhydre en paillettes satinées d'un blanc éclatant; lorsqu'il se dépose lentement de solutions étendues, il forme de gros cristaux qui contiennent deux molécules d'eau. Il est presque insoluble dans l'eau; 1 partie demande pour se dissoudre 15,000 parties d'eau froide et 1800 d'eau bouillante; il est insoluble dans l'alcool et dans l'éther.

Soumis à la distillation sèche, l'acide urique se décompose et fournit entre autres produits de l'acide

cyanhydrique et un sublimé renfermant du carbonate d'ammoniaque, de l'acide cyanurique, du cyanure d'ammonium et de l'urée.

Sels. — Les urates forment deux séries de sels, les uns acides et les autres basiques. Le sel neutre de soude se dissout dans 44 parties d'eau froide et 35 d'eau bouillante. Le sel de potasse dans 77 parties d'eau froide et dans 75 d'eau bouillante. Tous les autres urates y compris les urates acides de soude et de potasse sont presque complétement insolubles dans l'eau.

Propriétés. — L'acide urique projeté dans de l'acide azotique d'une densité de 1,4 s'attaque avec une vive effervescence, et, si la température ne s'élève pas, se transforme en alloxane et en urée.

$$\underset{\text{Acide urique.}}{C^5H^4Az^4O^3} + H^2O + O = \underset{\text{Alloxane.}}{C^4H^2Az^2O^4} + \underset{\text{Urée.}}{CH^4Az^2O}.$$

L'alloxane cristallise soit avec 2, soit avec 8 Aq. Très-soluble dans l'eau, elle colore la peau en pourpre. Elle a été trouvée par Liebig dans le mucus intestinal.

L'alloxane traitée par les bases se change en alloxanate. En traitant l'alloxanate de baryte par l'acide sulfurique, on obtient l'acide alloxanique.

$$\underset{\text{Alloxane.}}{C^4H^2Az^2O^4} + H^2O = \underset{\text{Acide alloxanique.}}{C^4H^4Az^2O^5}.$$

Les alloxanates se décomposent à l'ébullition en produisant de l'acide mésoxalique et de l'urée.

$$\underset{\text{Alloxanate de baryte.}}{C^4H^2Ba''Az^2O^5} - H^2O = \underset{\text{Acide mésoxalique.}}{C^3Ba''O^5} + \underset{\text{Urée.}}{CH^4Az^2O}.$$

L'alloxane traitée par les agents réducteurs fixe de l'hydrogène et devient alloxantine.

$$2C^4H^2Az^2O^4 + H^2 = C^8H^6Az^4O^8.$$
Alloxane. Alloxantine.

En poussant plus loin la réduction de l'alloxane, elle fixe de nouveau de l'hydrogène et produit de l'acide dialurique.

$$C^4H^2Az^2O^4 + H^2 = C^4H^4Az^2O^4.$$
Alloxane. Acide dialurique.

Neuf parties d'acide dialurique chauffés à 140° avec 5 parties de glycérine, donnent le hidurilate d'ammonium, lequel dissous dans l'ammoniaque, et précipité par le sulfate de cuivre fournit le hidurilate de cuivre, d'où on extrait l'acide hidurilique $C^8H^6Az^4O^6$ en précipitant le cuivre.

L'acide hidirulique chauffé avec l'acide azotique produit :

L'acide violurique (nitrosobarbiturique). . .	$C^4H^3(AzO)Az^2O^3$
L'acide diliturique (nitrobarbiturique). . . .	$C^4H^3(AzO^2)Az^2O^3$.
La violantine, combinaison des deux précédents.	$C^8H^6(AzOAzO^2)Az^4O^6$.

Ces acides, traités par le brome, donnent l'acide bibromo-barbiturique, $C^4H^2Br^2Az^2O^3$, lequel, réduit par l'hydrogène naissant, fournit l'acide barbiturique $C^4H^4Az^2O^3$.

La comparaison des formules montre que l'acide dialurique $C^4H^4Az^2O^4$ est l'acide oxybarbiturique lui-même.

A côté des substances précédentes dérivées de l'alloxane, l'acide urique donne un second groupe de

corps d'une composition semblable, toutefois avec cette différence que les formules contiennent C O en moins. Le type est l'acide parabanique; on l'obtient en traitant l'alloxane par l'acide azotique.

$$C^4H^2Az^2O^4 + O = CO^2 + C^3H^2Az^2O^3.$$

Alloxane. — Acide parabanique.

Les formules suivantes indiquent le parallélisme qui existe entre les dérivés de l'alloxane et ceux de l'acide parabanique :

$C^4H^2Az^2O^4$ Alloxane.	—	CO	=	$C^3H^2Az^2O^3$. Acide parabanique.
$C^4H^4Az^2O^5$ Acide alloxanique.	—	CO	=	$C^3H^4Az^2O^4$. Acide oxalurique.
$C^3H^2O^5$ Acide mésoxalique.	—	CO	=	$C^2H^2O^4$. Acide oxalique.
$C^8H^6Az^4O^8$ Alloxantine.	—	2CO	=	$C^6H^6Az^4O^6$. Acide leucoturique (oxalantine).
$C^4H^4Az^2O^4$ Acide dialurique.	—	CO	=	$C^3H^4Az^2O^3$. Acide allanturique.
$C^8H^6Az^4O^6$ Acide hidurilique.		2CO	=	$C^6H^6Az^4O^4$. Acide allituriqne.
$C^4H^4Az^2O^3$ Acide barbiturique.	—	CO	=	$C^3H^4Az^2O^2$. Hydantoïne.
				$C^3H^6Az^2O^3$. Acide hydantoïque.

Purpurate d'ammoniaque ou murexide. — Connue déjà par Scheele et Proust, étudiée ensuite par Liebig et Wœhler, et dans ces derniers temps par Beilstein, la murexide paraît n'être que le sel ammoniacal d'un acide particulier, l'acide purpurique.

Elle prend naissance lorsque l'alloxantine séchée à 100° est traitée par l'ammoniaque.

$$C^8H^4Az^4O^7 + 2AzH^3 = C^8H^4(AzH^4)Az^5O^6 + H^2O.$$

Alloxantine. Purpurate d'ammoniaque.

Elle se produit encore par l'oxydation d'un amide de l'acide dialurique, la dialuramide.

$$2(C^4H^5Az^3O^3) + O = C^8H^8Az^6O^6 + H^2O.$$

Dialuramide. Purpurate d'ammoniaque.

Le purpurate d'ammoniaque cristallise en prismes quadrilatères d'un vert doré, qui paraissent rouge grenat lorsqu'ils sont placés entre l'œil et la lumière, et donnent une poudre rouge qui prend sous le polissoir une couleur verte d'un éclat métallique; il se dissout dans l'eau bouillante et la colore en rouge. En présence des solutions métalliques, il donne des précipités de purpurates. L'acide purpurique lui-même n'a jamais été obtenu à l'état libre, il se transforme immédiatement en dialuramide et en alloxanane.

Malgré sa stabilité, l'acide urique n'a pas encore été reproduit par synthèse, et sa constitution est encore incertaine. M. Baeyer[1] a cherché à grouper ses nombreux dérivés. Il les rapporte en partie à une classe de corps, les biuréides qui, comme l'acide urique lui-même, renferment 4 atomes d'azote et peuvent échanger 2 atomes d'hydrogène contre le radical CO

[1] Baeyer, *Untersuchungen über die Harnsäuregruppe* (*Annalen der Chemie*, B. CXXX, S. 127. 1864).

et quelques autres radicaux acides, et par un amine encore inconnu $C^4(H^2Az)^4$. Quelques autres de ces dérivés rentrent dans les classes des uréides qui contiennent seulement deux atomes d'azote. Les biuréides peuvent d'ailleurs, par l'action de l'eau et de quelques autres substances, se transformer en urée et en uréides. D'autres, unis par un radical polyatomique, dérivent de l'urée, plus de l'eau, et forment les acides uramiques ; d'autres enfin, du type mixte urée, plus ammoniaque, également reliés par un radical polyatomique, se nomment uramides. Dans tous, une partie de l'hydrogène peut se changer contre des radicaux acides.

Ainsi, par exemple, dans cette théorie, l'acide urique est un biuréide, dans lequel entre le tartronyle $(C^3HO^2)'''$

$$C^5H^4Az^4O^3 = \left.\begin{matrix} C^{iv} \\ CO'' \\ (C^3HO^2)''' \\ H^3 \end{matrix}\right\} Az^4.$$

L'alloxane est également une uréide et représente la mésoxalylurée $\left.\begin{matrix} CO \\ C^3O^3 \\ H^2 \end{matrix}\right\} Az^2$. L'acide parabanique forme l'oxalylurée $\left.\begin{matrix} CO \\ C^2O^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} Az^2$.

M. Strecker[1] a cherché à rattacher la composition

[1] Strecker, *Bildung von Clycocoll aus Harnsäure* (*Annalen der Chemie*, B. CXLVI, S. 142. 1868).

de l'acide urique et de ses dérivés à celle du glycocolle.

On peut, en chauffant de 160 à 170° dans des tubes scellés, de l'acide urique avec une solution saturée à froid d'acide iodhydrique, le décomposer en iodure d'ammonium qui cristallise, en acide carbonique qui se dégage, et en glycocolle qui reste en dissolution, et on obtient ce dernier en cristaux après avoir précipité la dissolution par l'hydrate de plomb, et traité ensuite par l'hydrogène sulfuré.

Ce dédoublement de l'acide urique a lieu d'après l'équation :

$$\underset{\text{Acide urique.}}{C^5H^4Az^4O^3} + 5H^2O = \underset{\text{Glycocolle.}}{C^2H^5AzO^2} + 3CO^2 + 3AzH^3.$$

Strecker propose pour l'acide urique la formule suivante, qui représente une chaîne fermée :

$$C^2H^2O \left\langle \begin{array}{l} AzH - CO \\ AzH - CO \end{array} \right\rangle AzCy.$$

Pour celle de l'alloxane la formule :

$$CO \left\langle \begin{array}{l} AzH - CO \\ AzH - CO \end{array} \right\rangle CO.$$

L'acide alloxanique devient :

$$CO \left\langle \begin{array}{l} AzH^2 \\ AzH - CO\text{-}CO\text{-}CO\text{-}OH, \end{array} \right.$$

prêt à se dédoubler en urée et en acide mésoxalique :

$$CO \left\langle \begin{array}{l} AzH^2 \\ AzH^2 \end{array} \right. \quad \text{et} \quad OH\text{-}CO\text{-}CO\text{-}CO\text{-}OH.$$

Réactions caractéristiques de l'acide urique. — L'acide urique chauffé avec l'acide azotique, s'attaque vivement, et le produit obtenu donne par l'addition d'ammoniaque une coloration rouge particulière. Dans cette réaction il se produit de l'alloxane et de l'alloxantine qui forment de la murexide quand on ajoute de l'ammoniaque. D'après M. Hardy[1], lorsque la température s'élève suffisamment, la réaction est différente. L'alloxane chauffée à 260°, éprouve une modification isomérique. Traitée par les alcalis, elle fixe un atome d'eau et se transforme en acide isoalloxanique, isomère avec l'acide alloxanique. L'acide isoalloxanique forme des sels colorés avec les bases, rouge avec l'ammoniaque, isoalloxanate d'ammonium, bleue avec la soude, isoalloxanate de sodium. La dissolution ammoniacale précipite par la plupart des réactifs et donne des sels doubles, bleu avec l'argent, isoalloxate d'ammoniaque et d'argent, violet avec la baryte, isoalloxate d'ammonium et de baryum.

Ces sels, que l'éclat de leur couleur rapproche des purpurates, en diffèrent complétement à l'analyse. Tandis que le purpurate d'ammonium contient en centièmes : carbone 33,8, hydrogène 2,8, azote 29,8. L'isoalloxate d'ammonium renferme : carbone 24,7, hydrogène 5,1, azote 28,8.

Ces analyses établissent donc que la coloration caractéristique de l'acide urique est due principalement

[1] E. Hardy, *Action de la chaleur sur l'alloxane* (*Annales de chimie et de physique*, 4e série, t. II, p. ? 12. 1864).

à l'alloxane anhydre modifiée, puis après l'addition d'ammoniaque, à l'isoalloxate d'ammonium.

Caractères distinctifs de l'acide urique. — On reconnaît la présence de l'acide urique dans l'urine par l'addition d'acide chlorhydrique ou azotique, qui décompose les urates; l'acide, devenu libre, se dépose en grains cristallisés rougeâtres, qui apparaissent sous forme de cristaux séparés ou de petites étoiles.

On peut constater facilement cette réaction, en portant une goutte d'urine filtrée sur le porte-objet d'un microscope et y ajoutant une trace d'acide azotique. Au bout de quelques secondes, l'acide urique se précipite et apparaît dans le champ de l'instrument sous forme de petites tablettes incolores et losangiques. Par l'addition d'une trace de liqueur ammoniacale ou potassique, les cristaux disparaissent et le liquide, devenu libre, ne tarde pas à se troubler de nouveau et à laisser déposer des masses amorphes, semblables à celles que donnait l'urine avant l'addition d'acide. Cette réaction prouve bien que l'acide urique est dans l'urine à l'état de sel.

Dosage de l'acide urique. — On prend 100 ou 200 centimètres cubes d'urine, on y ajoute 5^{cc} d'acide chlorhydrique, on abandonne pendant quarante-huit heures dans un lieu froid, on filtre et on recueille sur un filtre pesé; on lave à l'eau distillée tant qu'il y a un précipité par l'azotate d'argent, on sèche et on pèse. Si l'urine est très-étendue on la réduit par évaporation au cinquième de son volume, avant d'ajouter l'acide.

Les urines albumineuses ne peuvent être traitées par l'acide chlorhydrique, qui précipitent l'albumine ; on le remplace par l'acide acétique ou l'acide phosphorique.

Acide hippurique. — L'acide hippurique est un produit constant de l'urine des herbivores, cheval, bœuf, mouton, lièvre, éléphant, etc. Il existe en petite quantité dans l'urine de l'homme sain, il augmente de proportion par l'usage d'une nourriture végétale, aussi bien que dans certaines maladies, comme le diabète. On le trouve dans le sang des herbivores, les capsules surrénales et aussi dans la sueur, mêlé à de l'acide benzoïque, d'après H. Meissner ; mais, ce dernier fait a été contesté. Il fait encore partie des excréments de papillon, du guano, etc.

On retire, en général, l'acide hippurique de l'urine du cheval ou de la vache ; on la mêle avec 2 ou 3 fois son volume d'acide chlorhydrique concentré et on recueille, au bout de douze heures, le dépôt qui s'est formé ; on le dissout dans la soude, on décolore la solution par le chlorure de chaux, on la précipite de nouveau par l'acide chlorhydrique. On purifie l'acide hippurique en le faisant bouillir avec du charbon animal, et en le soumettant à la recristallisation.

On peut encore précipiter l'urine avec un lait de chaux, porter à l'ébullition, filtrer, évaporer le liquide à l'état de sirop et l'épuiser par l'alcool ; on filtre, on chasse l'excès d'alcool par l'évaporation, on décompose le liquide refroidi par l'acide chlorhydrique aussi longtemps qu'il se produit un dépôt cristallin, on

laisse reposer quelque temps, on recueille sur un filtre et on décolore ensuite les cristaux par le charbon animal.

On purifie également l'acide hippurique en le dissolvant dans une solution de soude étendue et en l'additionnant de permanganate de potasse, jusqu'à ce que le liquide précipite complétement blanc par l'acide chlorhydrique.

Pour reconnaître des traces d'acide hippurique dans l'urine humaine, on évapore environ 800 grammes dans un bain-marie; on y ajoute de l'alcool et un peu d'acide chlorhydrique; on agite, on filtre et on lave le résidu avec de l'alcool; on neutralise la solution alcoolique avec de la soude, on chasse l'alcool par évaporation, on décompose par l'acide oxalique et on agite avec un mélange d'alcool et d'éther; on obtient une couche éthérée que l'on dissout; on épuise de nouveau par l'éther et on réunit les deux couches éthérées; on chasse l'éther, on mêle le résidu avec de la chaux jusqu'à ce que la réaction devienne alcaline, on filtre, on lave le précipité avec de l'eau; on évapore le liquide filtré à un petit volume et on ajoute de l'acide chlorhydrique. L'acide hippurique se dépose plus ou moins rapidement, suivant sa proportion; on lave les cristaux avec de l'éther, pour enlever un peu d'acide benzoïque. On constate ensuite que les cristaux sont bien de l'acide hippurique, en les chauffant dans un tube avec de l'acide chlorhydrique; ils doivent fournir de l'acide benzoïque qui se sublime.

M. Dessaigne l'a obtenu par synthèse, en faisant réagir le chlorure de benzoïle sur le glycocolle argentique.

$$C^2H^4AgAzO^2 + C^7H^5ClO = AgCl + C^9H^9AzO^3.$$

Glycocolle argentique. — Chlorure de benzoïle. — Acide hippurique.

Jazubkowitsch l'a préparé par l'action de l'acide chloracétique sur la benzamide.

L'acide hippurique cristallise en prismes incolores, transparents, il rougit le tournesol, il se dissout dans 600 parties d'eau froide et est plus soluble dans l'eau bouillante. L'eau chargée de phosphate de sodium le dissout en quantité beaucoup plus considérable. Il est insoluble dans l'éther. Il est monobasique et forme des sels cristallisables. Les hippurates alcalins et ceux des terres alcalines, sont facilement solubles; l'hippurate de fer est un précipité brun clair, insoluble dans l'eau; l'hippurate d'argent se dépose en aiguilles brillantes d'une dissolution chaude et concentrée.

Fondu à une douce chaleur, l'acide hippurique donne des cristaux d'acide benzoïque, qui se subliment. Les acides minéraux, le transforment, à l'ébullition, en glycocolle et en acide benzoïque.

$$C^9H^9AzO^3 + H^2O = C^2H^5AzO^2 + C^7H^6O^2.$$

Acide hippurique. — Glycocolle. — Acide benzoïque.

Bouilli avec de l'eau et du peroxyde de plomb, il produit de la benzamide. L'acide azoteux le transforme en acide benzo-glycollique $C^9H^8O^4$. L'acide sulfurique et azotique en acide nitro-hippurique.

L'acide hippurique n'existe pas à l'état libre dans l'urine, mais combiné aux bases, généralement à la soude, et chez les solipèdes en partie à la chaux.

L'acide benzoïque, introduit dans l'économie par les voies digestives, se retrouve dans l'urine à l'état d'acide hippurique. Dans ce passage, il se combine donc aux éléments du glycocolle. D'où vient cette dernière substance qui, jusqu'à présent, n'a pu être constatée à l'état de liberté dans l'organisme? Probablement des matières albuminoïdes, peut-être par suite des transformations chimiques qui donnent naissance à l'acide glycocolique ou à la décomposition de cet acide lui-même.

On constate également la formation d'acide hippurique après l'ingestion d'essence d'amandes amères ou d'éther benzoïque.

L'acide quinique $C^7H^{12}O^6$ éprouve, pendant son passage à travers les organes, une modification semblable et passe à l'état d'acide hippurique. Dans une expérience, l'absorption de 8 grammes de quinate de chaux a fourni, le lendemain, une urine qui contenait 2gr,2 d'acide hippurique. Lautemann explique ce fait par une transformation préalable de l'acide quinique $C^7H^{12}O^6$ en acide benzoïque $C^7H^6O^2$, réduction qu'il a obtenue artificiellement en chauffant de l'acide quinique avec de l'acide iodhydrique, dans des tubes scellés, à une température de 115 à 120°, et qu'il a reproduite aussi en traitant l'acide quinique par l'iodure de phosphore.

Zwenger et Siebert, ayant trouvé l'acide qui-

nique dans les feuilles des myrtilles, Lautemann admet comme probable que cet acide existe aussi dans d'autres végétaux herbacés, et que la proportion notable d'acide hippurique que renferme l'urine des vaches soumises au régime du vert, provient de l'acide quinique ingéré avec les aliments.

Hallvachs, contrairement à cette opinion, regarde la production de l'acide hippurique comme l'effet des transformations chimiques, qui se font dans l'organisme, plutôt que comme le résultat des modifications qu'éprouvent des substances particulières, introduites dans l'alimentation. Il admet que l'on retrouve l'acide hippurique dans l'urine même, à la suite d'une nourriture purement animale.

Dosage de l'acide hippurique. — On réduit au bain-marie 200^{cc} d'urine à un volume de 50^{cc}. On y ajoute 20^{cc} d'acide chlorhydrique, on laisse reposer pendant longtemps dans un endroit froid, on recueille sur un filtre pesé, on lave avec un peu d'eau froide, jusqu'à ce que la matière soit devenue incolore, on sèche à 100° et on pèse. On peut, dans la première évaporation, ajouter 20 grammes de charbon animal pour obtenir de suite la décoloration.

Acides phénique, taurylique. — Stædeler regarde les acides phénique, taurylique comme des produits normaux de l'urine de l'homme et de la vache. L'acide phénique ne se trouve qu'en proportion très-faible dans l'urine humaine; on l'obtient en portant à l'ébullition l'urine de vache, additionnée d'un lait de chaux; on filtre le mélange, et, après avoir évaporé au 1/8e de son

volume, on ajoute de l'acide chlorhydrique étendu, et on distille lorsque tout l'acide hippurique s'est déposé; on sature le produit distillé par du carbonate de sodium ; les acides gras, l'acide benzoïque, l'acide chlorhydrique s'unissent à la soude, et, par addition d'éther, on sépare les acides phénique et taurylique.

On ne connaît pas de procédé exact pour les séparer l'un de l'autre.

L'acide phénique, à l'état pur, cristallise en aiguilles incolores qui fondent à 35° et bouillent à 188°.

Stædeler admet, en outre, dans l'urine la présence de deux autres acides, damolique et damalurique. Ces divers acides donnent à l'urine son odeur particulière.

Créatinine. — La créatine a été regardée par Liebig comme un des principes constituants de l'urine. Heintz et Neubauer contestent son existence et n'admettent que la présence de la créatinine. Pour obtenir ce dernier produit, 300^{cc} d'urine sont mêlés avec un lait de chaux, additionnés de chlorure de calcium tant qu'il se forme un précipité, et filtrés après quelques heures de repos. Le liquide est évaporé au bain-marie en consistance sirupeuse, mêlé avec 30 ou 40^{cc} d'alcool concentré, et abandonné à lui-même pendant quelque temps. On précipite le liquide clair par une solution concentrée de chlorure de zinc, ne contenant pas d'acide en excès, on l'abandonne pendant quarante-huit heures dans un lieu froid; on recueille sur un filtre la combinaison de chlorure de zinc et de créatinine, et, après l'avoir lavée et desséchée, on constate

ses caractères par l'examen microscopique. Si on cherche à obtenir la créatinine pure, on dissout la combinaison dans l'eau bouillante, on la fait bouillir pendant un quart d'heure au moins avec de l'hydrate de plomb, récemment précipité et bien lavé. Le liquide, décoloré par le charbon animal, contient un mélange de créatine et de créatinine; on l'évapore à sec et on le traite par l'alcool, qui dissout la créatinine et laisse la créatine. En évaporant l'alcool, on obtient des cristaux de créatinine; le résidu insoluble dans l'alcool, repris par l'eau, fournit la créatine parfaitement pure. Lorsqu'on prolonge trop longtemps l'ébullition avec l'hydrate de plomb, toute la créatinine peut être transformée en créatine.

La créatinine existe, en proportion variable, dans l'urine depuis, au maximum, $1^{gr},35$, au minimum, $0^{gr},76$, en moyenne, $1^{gr},09$, en vingt-quatre heures; elle varie de $0^{gr},8$ à $0^{gr},9$, pendant la croissance. L'urine des chiens nourris exclusivement avec de la viande, contient aussi de la créatine, d'après Meissner.

Xanthine. — Scherer a trouvé la xanthine dans l'urine normale; Mosler, dans celle de la leucocythémie; Stromeyer a constaté sa présence après l'usage de bains sulfureux; Bences Jones l'a rencontrée dans les sédiments de l'urine d'un enfant de 10 ans. La xanthine est amorphe et ne présente au microscope aucun indice de cristallisation; elle se dépose d'une solution aqueuse bouillante, en poudre ou en flocons incolores.

On évapore une quantité considérable d'urine, 200

à 300 litres, au 1/6me de son volume, et on précipite l'acide phosphorique par l'eau de baryte; on évapore le liquide filtré jusqu'à la cristallisation des sels; on filtre et on étend ensuite avec beaucoup d'eau; on ajoute une solution d'acétate de cuivre, et on porte à l'ébullition; on obtient un précipité brun que l'on lave à l'eau froide tant que les réactifs ordinaires indiquent la présence du chlore. Le précipité se dissout dans l'acide azotique, en formant un liquide brun qui donne par l'azotate d'argent un composé impur d'azotate d'argent et de xanthine; on dissout dans l'acide azotique faible, et on abandonne à la cristallisation; puis on enlève l'acide azotique en faisant digérer les cristaux avec une solution ammoniacale d'argent; on porte à l'ébullition, et on décompose la solution par un courant d'hydrogène sulfuré. Le liquide filtré fournit la xanthine par l'évaporation. Pour la décolorer, on la dissout dans l'acide chlorhydrique, et on la traite par le charbon animal; on décompose le chlorhydrate de xanthine par l'ammoniaque; on enlève le chlorhydrate d'ammoniaque par des lavages à l'eau froide, et la xanthine reste pure. 600 kilogrammes d'urine fournissent environ 1 gramme de xanthine.

Méthode de Stromeyer. — L'urine est précipitée par un lait de chaux; le liquide filtré est neutralisé presque complétement avec l'acide chlorhydrique, et la xanthine précipitée par une solution de sublimé corrosif. Le précipité lavé, d'abord par décantation, ensuite sur un filtre, est mis en suspension dans l'eau, et décomposé par l'hydrogène sulfuré. Le liquide filtré

est évaporé, bouilli avec de l'hydrate de plomb, qui enlève l'acide urique et les matières colorantes. Par l'évaporation, on obtient un mélange d'acide urique et de xanthine; on dissout la masse dans l'eau bouillante, on ajoute de l'azotate d'argent, et par l'évaporation on fait cristalliser une combinaison d'azotate d'argent et de xanthine; on décompose l'acide urique en faisant bouillir avec de l'acide azotique étendu, puis on décolore par le charbon animal, et la combinaison de xanthine se dépose incolore.

Matières colorantes. — Les matières colorantes de l'urine sont imparfaitement connues; elles ont été décrites sous des noms divers; elles paraissent constituées par une matière colorante bleue et une matière colorante jaune.

Matière colorante bleue. — *Indicane.* — L'indicane est une substance qui se trouve dans plusieurs plantes (*Indigofera tinctoria*, *I. argentea*, *Isatis tinctoria*). Elle existe, d'après Schunck, comme élément constant de l'urine de l'homme, du chien; elle augmente dans certaines maladies (choléra, carcinome du foie), et se rencontre aussi dans des sueurs pathologiques.

Pour obtenir l'indicane, on verse une solution d'acétate de plomb dans l'urine tant qu'il se forme un précipité ; on filtre et on ajoute au liquide de l'ammoniaque caustique. Le précipité recueilli sur un filtre est mêlé avec de l'alcool et décomposé par l'hydrogène sulfuré, et la solution est évaporée à une basse température ou sur l'acide sulfurique dans le vide. On obtient ainsi un sirop épais qui contient l'indicane mêlée avec

du sucre ; on dissout dans l'eau, on agite avec de l'oxyde de cuivre nouvellement précipité ; on filtre, on traite le liquide par l'hydrogène sulfuré, on précipite avec l'éther, on filtre et on obtient l'indicane pure.

L'indicane n'a pas encore été obtenue cristallisée ; elle forme un sirop brun clair, soluble en toute proportion dans l'eau, l'alcool et l'éther ; elle se décompose avec le temps, surtout sous l'influence de la chaleur. Par l'addition d'acide chlorhydrique concentré à la température ordinaire ou par l'ébullition avec les acides minéraux étendus, l'indicane se décompose en indigo et en un sucre particulier, l'indiglucine.

$$\underset{\text{Indicane.}}{C^{26}H^{31}AzO^{17}} + 2H^{2}O = \underset{\text{Indigo.}}{C^{8}H^{5}AzO} + \underset{\text{Indiglucine.}}{3C^{6}H^{10}O^{6}}.$$

L'indiglucine a un goût sucré, réduit facilement les sels de cuivre, mais ne fermente pas. Par l'action des ferments, surtout pendant la fermentation de l'urine, cette décomposition de l'indicane se produit facilement et amène la formation d'indigo blanc lequel, à l'air, passe rapidement à l'état d'indigo bleu.

$$\underset{\text{Indigo.}}{2C^{8}H^{5}AzO} + H^{2} = \underset{\text{Indigo blanc.}}{C^{16}H^{12}Az^{2}O^{2}}.$$

Ainsi s'explique la coloration bleue et d'un éclat rouge métallique, qui se trouve souvent dans les dépôts d'urine en décomposition, tandis que l'indiglucine se transforme en produits encore inconnus. Dans les dissolutions alcalines, l'indicane donne les réactions du sucre de raisin, elle brunit par l'action de la potásse, elle réduit les solutions cupriques, mais elle n'est pas susceptible de fermenter.

L'indigo bleu C^8H^5AzO se produit lorsqu'on fait bouillir l'urine avec l'acide chlorhydrique étendu; il se dépose sous forme de fines aiguilles, que l'on purifie en les lavant à l'eau et à l'alcool. Il apparaît encore dans la fermentation spontanée de l'urine par la décomposition de l'indicane, et se dépose avec l'acide urique dès qu'on ajoute un acide.

L'indigo pur porte le nom d'indigotine. Pour l'obtenir on volatilise l'indigo dans un courant d'hydrogène ou on le sublime, par petites portions, entre deux verres de montre; elle se présente sous forme de prismes de 4 à 6 faces, dérivés d'un prisme rhomboïdal droit, présentant une teinte violette et de beaux reflets rouge cuivré. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool froid, l'éther. L'alcool bouillant et l'essence de térébenthine, en dissolvent de petites quantités. L'acide sulfurique fumant la dissout à 50° ou 60°, avec une belle couleur bleue, en formant les acides sulfindigotique $C^8H^5AzSO^4$ et sulfo-purpurique $C^{16}H^{10}Az^2SO^5$.

Soumis à l'action des lessives alcalines, en présence des matières réductrices, acide sulfureux, hydrogène, sulfuré, fer, zinc, etc., l'indigo se dissout et se convertit en indigo blanc.

$$\underset{\text{Indigo.}}{2C^8H^5AzO} + H^2 = \underset{\text{Indigo blanc.}}{C^{16}H^{12}Az^2O^2}.$$

L'indigo blanc est insoluble dans l'eau, mais se dissout dans l'alcool, l'éther, les lessives alcalines, il absorbe l'oxygène rapidement, surtout à l'état humide et se convertit en indigo bleu.

Lorsqu'on fait bouillir pendant longtemps l'indicane ou une urine qui en est chargée avec l'acide chlorhydrique, on obtient, en même temps que l'indigo bleu, une substance soluble dans l'alcool que l'on nomme l'indigo rouge, qui est encore mal connue, mais qui se confond, sans nul doute, avec les substances décrites sous le nom de uroxanthine, urrhodine, uroglaucine.

On reconnaît la présence de l'indicane, soit par l'action directe de l'acide chlorhydrique sur l'urine, soit sur le précipité obtenu avec l'acétate de plomb et l'ammoniaque. Dans ce dernier cas, on sépare l'indigo produit du chlorure de plomb avec lequel il se trouve mélangé, au moyen de lavage à l'eau chaude.

Matière colorante jaune. — *Urochrome.* — Thudicum nomme urochrome la matière colorante jaune de l'urine. Pour l'obtenir, il rend l'urine alcaline en lui ajoutant de l'eau de baryte ou de chaux; il précipite la dissolution par l'acétate neutre de plomb, filtre et verse de l'acétate de plomb ammoniacal; il recueille et décompose le précipité par l'acide sulfurique, puis sature l'excès d'acide par le carbonate de baryte, filtre, précipite l'excès de baryte par un courant d'acide carbonique, et dans le liquide filtré, ajoute de l'acétate de mercure qui précipite une combinaison d'urochrome; il fait passer un courant d'hydrogène sulfuré qui met la matière colorante en liberté. L'urochrome est une matière jaune, incristallisable, soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool; elle s'altère rapidement au contact de l'air; elle est précipitée par l'acétate basique

de plomb, l'acétate de mercure, l'azotate d'argent.

Uroxanthine. — Heller a donné le nom d'uroxanthine à une matière colorante, jaune d'or, que l'éther extrait facilement de l'urine épaissie par l'évaporation. Il n'a pu l'isoler; mais, suivant lui, ce corps est caractérisé par l'oxydation qu'il éprouve au contact des acides et sous l'influence de certains états morbides, en donnant naissance à de l'uroglaucine, qui est bleue, et à l'urrhodine, qui est rouge.

L'uroglaucine existe dans les dépôts urinaires. On l'obtient mêlée d'urrhodine, lorsqu'on ajoute à de l'urine de l'acide sulfurique ou chlorhydrique, jusqu'à ce qu'une coloration rose se produise; on neutralise par le carbonate d'ammoniaque; on évapore à sec, on lave le résidu avec de l'eau, avec de l'éther, qui dissout l'urrhodine, et on fait bouillir le résidu avec de l'alcool, la dissolution est évaporée et la matière obtenue, lavée successivement à l'éther, l'alcool froid, l'eau bouillante, constitue une poudre cristalline bleue, l'uroglaucine.

L'évaporation de l'éther donne une poudre cristalline rouge, l'urrhodine.

FERMENTATION DE L'URINE

L'urine fraîche, abandonnée à elle-même au contact de l'air, laisse souvent déposer pendant le refroidissement des flocons nuageux, formés de mucus contenant les épithéliums de la muqueuse des reins ou des voies d'excrétion, et des urates acides facilement so-

lubles par la chaleur. Ce dépôt, nul quelquefois, prend toujours naissance quand on concentre l'urine, il se compose d'urates de soude et d'ammoniaque, contenant un excès d'acide urique et quelquefois d'urate de chaux et de magnésie. Il s'accroît quand la fièvre, ou une cause occasionnelle quelconque, vient à troubler les phénomènes d'oxydation qui se passent dans l'organisme.

Bientôt l'urine subit une fermentation acide, suivie plus tard d'une fermentation alcaline.

La fermentation acide s'accompagne d'une formation d'infusoires, qui se reconnaissent sous le microscope à leurs mouvements. L'urine devient acide généralement par production d'acide acétique, plus rarement d'acide lactique ou butyrique. Les urates se décomposent, et l'acide urique se dépose en cristaux rhomboédriques, colorés en jaune, et accompagnés quelquefois d'oxalate de calcium.

Après un temps plus ou moins long, quelquefois après quelques semaines, l'urine prend une réaction alcaline ; l'urée se transforme en carbonate d'ammoniaque par suite du développement de petites torulacées, qui apparaissent comme des grains de 0,0015 millimètres de diamètre sans nucléole à l'intérieur, réunies en chapelet ou en petits amas. Ce ferment végétal se produit par bourgeonnement, il se rencontre toujours dans l'intérieur du liquide, jamais à la surface, il amène immédiatement un dépôt de divers sels. Souvent son développement est entravé par la présence d'infusoires, qui se produisent en même temps ; fré-

quemment l'urine reste alors longtemps acide. Dès que la fermentation alcaline est établie, l'acide urique se dissout peu à peu, le phosphate ammoniaco-magnésien se dépose ainsi que l'urate d'ammoniaque, mêlés de phosphate de calcium, et tout le liquide surnageant se couvre de moisissures.

Ces transformations peuvent se produire même lorsque l'urine est contenue dans la vessie, chez les sujets vivants. Un dépôt de pus accompagne toujours la fermentation alcaline. Scherer regarde comme un ferment le dépôt de mucus et d'épithélium, qui se produit dans l'urine après la miction.

Les autres substances qui se trouvent dans les dépôts urinaires, à l'état pathologique, sont : la cystine, la tyrosine, la xanthine, le phosphate de calcium, et quelques produits organisés.

SÉDIMENTS INORGANISÉS

Acide urique et urates. — L'acide urique libre ne se rencontre que dans les sédiments fortement colorés. On le reconnaît à sa forme ; il cristallise en rhomboèdres, ou en lames rhomboïdales ayant souvent des angles arrondis, libres ou groupées en rosaces, en sphères formées de cristaux irradiés autour d'un centre commun, quelquefois en aiguilles, etc. Lorsque les cristaux sont mal définis, on les dissout dans un peu de potasse et on sature par l'acide azotique, l'acide urique se dépose avec des formes très-nettes. On peut produire facilement cette réaction sur le porte-objet d'un

microscope. Chauffé avec de l'acide azotique, l'acide urique laisse un résidu qui, traité par l'ammoniaque, fournit la coloration rouge caractéristique.

On distingue les dépôts formés par l'acide urique libre de ceux produits par les urates, en les traitant par l'eau chaude; les urates sont solubles et se dissolvent, l'acide urique reste sans se dissoudre et peut être recueilli sur un filtre.

Les urates forment des sédiments blancs, roses, brun rouge, pourpres; ils contiennent souvent du sang, du pus. Ils se reconnaissent aux caractères de l'acide urique et à leur solubilité dans l'eau. On rencontre généralement les urates de potasse, de soude, d'ammoniaque et de chaux, et l'urate d'ammoniaque dans l'urine fortement alcaline.

Cystine $C^{6}H^{7}AzSO^{4}$. — La cystine se trouve dans des calculs urinaux, très-rares, jaunâtres, translucides, offrant une cassure rayonnée, facilement rayés par l'ongle; quelquefois aussi dans l'urine, et peut en être précipitée par l'addition d'acide acétique; on a aussi signalé sa présence dans le rein et dans le foie.

Pour obtenir la cystine on dissout les sédiments dans l'ammoniaque, et on abandonne la solution à l'évaporation spontanée; elle cristallise dans le système rhomboédrique en prismes réguliers à six faces. Sa solubilité dans l'ammoniaque la distingue de l'acide urique, qui présente des formes semblables. Elle donne à l'analyse des chiffres qui ont conduit Gmelin à la formule $C^{6}H^{7}AzSO^{4}$, confirmée depuis par les analyses de Grote[1].

[1] *Annalen der Chemie*, B. CXXX, S. 206. 1864.

La cystine est neutre, sans odeur ni saveur, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, soluble dans les acides minéraux et dans l'acide oxalique, insoluble dans l'acide acétique et tartrique. Chauffée sur une lame de platine, elle brûle en répandant une odeur spéciale qui rappelle celle de l'acide cyanhydrique. Elle donne, lorsqu'on la chauffe avec l'acide azotique et qu'on ajoute de l'ammoniaque, une teinte rouge semblable à celle que fournit l'acide urique. Elle se dissout dans l'ammoniaque, les alcalis, les carbonates alcalins, mais non dans le carbonate d'ammoniaque. Bouillie avec une solution alcaline, sur une lame d'argent, elle la colore en formant du sulfure d'argent et dégage de l'ammoniaque et un gaz inflammable. Portée à l'ébullition avec de la potasse, additionnée d'oxyde de plomb, elle donne naissance à du sulfure de plomb.

Acide oxalique $C^2H^2O^4$. — L'acide oxalique, découvert par Scheele, en 1784, se trouve dans l'urine à l'état de combinaison, surtout après une alimentation végétale, l'usage de certaines boissons, comme la bière et les vins mousseux. A l'état de sel, il entre dans la composition des dépôts urinaires, des calculs de la vessie et des reins ; il se trouve aussi dans les calculs intestinaux, les concrétions des conduits biliaires, le mucus de la vésicule biliaire, la muqueuse de l'utérus pendant la grossesse.

L'acide oxalique paraît n'exister dans l'urine que combiné à la chaux ; l'oxalate de calcium insoluble est maintenu en dissolution par la présence du phos-

phate acide de sodium, et de l'urate acide de sodium. Il se précipite dès que l'urine devient alcaline ou faiblement acide ; aussi se dépose-t-il immédiatement de l'urine alcaline des herbivores. L'addition de quelques gouttes d'ammoniaque suffit pour le précipiter de l'urine de l'homme. D'après Lehmann, si le dépôt d'oxalate de calcium ne se produit pas, on doit évaporer l'urine à sec, reprendre le résidu par l'alcool faible, agiter l'extrait avec l'éther ; on obtient les cristaux d'oxalate de calcium par l'évaporation de la solution alcoolique.

L'*oxalate de calcium* $C^2Ca''O^4$ forme un précipité cristallin insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'ammoniaque, la potasse; les carbonates alcalins, l'acide acétique et dans un excès d'acide oxalique, mais soluble dans les acides phosphorique, chlorhydrique, azotique. Séché à 100°, ce sel ne contient qu'une molécule d'eau $C^2Ca''O^4 + H^2O$. Par la calcination, il se transforme en carbonate de calcium.

Sur le porte-objet d'un microscope, on reconnaît l'oxalate de calcium à sa forme cristalline en octaèdres dérivant du système cubique, à son insolubilité dans l'ammoniaque, l'acide acétique, et sa solubilité dans l'acide chlorhydrique. Le phosphate ammoniaco-magnésien, au contraire, est très-soluble dans l'acide acétique.

Le *phosphate ammoniaco-magnésien* ne se rencontre pas dans l'organisme comme un principe constituant normal. Il existe dans les calculs et se produit toutes les fois que le phosphate de magnésie rencontre de

l'ammoniaque libre. Ses cristaux dérivent du prisme droit à base rectangulaire, mais il est rare de les trouver avec cette forme type, presque toujours ils présentent des formes dérivées, extrêmement compliquées. Le phosphate ammoniaco-magnésien est soluble dans tous les acides, même l'acide acétique.

On l'a trouvé dans les concrétions qui existent dans le cæcum du cheval et les calculs intestinaux ou bézoards humains.

SÉDIMENTS ORGANISÉS

Mucine et épithélium. — Les épithéliums des diverses muqueuses du rein et des voies d'excrétion, mêlés à du mucus, se rencontrent dans l'urine et peuvent être recueillis sur un filtre. Les épithéliums se reconnaissent au microscope, le mucus aux caractères de la mucine. La mucine ne se coagule pas par la chaleur, ce qui la distingue des matières albuminoïdes; elle ne précipite ni par le sublimé corrosif, ni par l'acétate neutre de plomb, propriétés qui empêchent de la confondre avec la pyine du pus, elle se sépare seulement par l'addition d'acétate basique de plomb; elle précipite par l'alcool, par l'acide acétique. On l'extrait de l'urine à l'aide de ce dernier réactif sous forme d'une masse gélatineuse qui entraîne souvent des cristaux d'acide urique. Les acides minéraux la précipitent, mais la redissolvent quand ils sont ajoutés en excès.

La mucine augmente de quantité dans l'urine pen-

dant la période fébrile des maladies aiguës, pneumonie, pleurésie, fièvre typhoïde, bronchite, méningite, etc. (Reissner.) En général, elle commence à apparaître seule au début des maladies, puis de l'albumine se manifeste, enfin, après la disparition de cette dernière substance, la mucine reparaît de nouveau avec ses caractères habituels.

Sang. — Le sang se rencontre fréquemment dans l'urine. Il provient soit du rein, soit des voies d'excrétion; il présente les mêmes caractères dans les deux cas. Tantôt il se délaye complétement dans le liquide, lui donne une teinte uniforme rouge noirâtre; tantôt il se réunit rapidement en petits caillots peu colorés. S'il y a eu beaucoup de sang répandu, l'urine, acide primitivement, peut devenir alcaline; elle laisse déposer un sédiment rougeâtre, composé de mucine et de globules sanguins qui se reconnaissent au microscope. Ces dépôts sont insolubles dans l'eau chaude et indécomposables par l'acide azotique, ce qui les distingue des sédiments d'acide urique ou d'urates.

La présence du sang dans l'urine se reconnaît facilement par l'analyse spectrale. L'urine est colorée en rouge plus ou moins foncé par l'hémoglobine, passée à l'état de méthoglobine, laquelle se transforme par l'ébullition en hématine et en substances albuminoïdes. Ces dernières, qui accompagnent toujours la présence du sang, se reconnaissent à leurs caractères chimiques, et l'hémoglobine et l'hématine à leurs raies d'absorption. On n'a jamais trouvé d'hématine dans l'urine fraîche.

SELS

Chlorure de sodium. — Le chlorure de sodium existe dans tous les liquides de l'économie. Sa proportion dans le sang est constante et indépendante de l'alimentation. Il est toujours à l'état de dissolution et s'excrète par la sueur, la salive, le mucus nasal, les fèces, mais surtout par l'urine. La quantité qu'en contient ce dernier liquide varie beaucoup avec le genre de nourriture. Le chlorure de sodium éliminé provient non-seulement des aliments, mais aussi de celui qui est entré préalablement dans la constitution des éléments eux-mêmes. Supprimé de l'alimentation, le sel marin diminue rapidement de quantité dans l'urine, et tombe à une excrétion régulière de 2 à 3 grammes par jour. Il tire alors son origine de la désassimilation des tissus et s'accompagne d'un affaiblissement général.

L'urine normale contient 5 à 8 p. 1000 de sel marin, ce qui représente de 16 à 24 grammes par vingt-quatre heures; le maximum se trouve quelques heures après le repas.

Le chlorure de sodium paraît exercer certains effets importants pendant son passage à travers les tissus. D'après Beale, son excrétion est toujours d'autant plus abondante que la nutrition est plus active.

En général, il se reconnaît au microscope à la forme cubique de ses cristaux. Dans l'urine il se présente en octoèdres réguliers et en tétraèdres; ces modifications

se produisent toutes les fois qu'il cristallise en présence d'urée.

Dosage. — Dans une solution neutre, renfermant des chlorures et des chromates, l'azotate d'argent ne forme un précipité rouge de chromate d'argent qu'après la complète précipitation du chlore. On prépare la liqueur normale suivante. On dissout $29^{gr},075$ d'azotate d'argent pur et fondu dans un litre d'eau distillée; on obtient ainsi une dissolution qui précipite à volume égal une solution de 10 grammes de chlorure de sodium pur et fondu dans un litre d'eau distillée.

On évapore 10^{cc} d'urine dans une capsule de platine, on ajoute environ 2 grammes d'acide azotique, on calcine au rouge. On dissout dans l'eau la masse refroidie, on verse quelques gouttes d'acide azotique, on amène la dissolution à être parfaitement neutre en ajoutant du carbonate de calcium. On ajoute à la dissolution quelques gouttes de chromate de potassium, puis on verse la dissolution d'argent jusqu'à ce que le précipité rouge devienne persistant. Chaque centimètre cube de la dissolution d'argent employée répond à 10 milligrammes de chlorure de sodium.

On peut par la même méthode doser directement le chlore dans l'urine sans une incinération préalable, en opérant directement sur 10^{cc} d'urine; mais il faut qu'il n'y ait pas d'albumine en présence. On obtient un chiffre un peu trop élevé par cette méthode, parce qu'il y a toujours des substances autres que le chlore qui sont précipitées par l'azotate d'argent.

Méthode de Liebig. — Une dissolution, étendue d'azotate de mercure, donne un précipité avec les dissolutions neutres d'urée ; le bichlorure de mercure ne produit pas de précipité ; le chlorure de sodium et l'azotate de mercure se décomposent mutuellement en bichlorure de mercure et azotate de sodium. Donc si une dissolution d'urée renferme aussi du chlorure de sodium, le précipité avec l'azotate de mercure ne se formera que lorsque tout le chlorure de sodium aura été transformé en azotate de sodium, c'est-à-dire lorsqu'on aura ajouté une quantité d'azotate de mercure équivalente au chlorure de sodium. Les liqueurs nécessaires sont :

Liqueur titrée de chlorure de sodium. On dissout 20 grammes de chlorure de sodium pur et desséché dans un litre d'eau. 10 centimètres cubes de cette dissolution renferment $0^{gr},200$ de sel.

Dissolution d'urée. On dissout 4 grammes d'urée dans 100^{cc} d'eau. Chaque centimètre cube renferme 40 milligrammes d'urée.

Solution de baryte. On mêle un volume d'azotate de baryte avec 2 volumes d'eau de baryte, saturée à froid.

Liqueur titrée d'azotate de mercure. On traite $17^{gr},06$ de mercure par l'acide azotique en excès, on évapore à consistance sirupeuse et on dissout dans un litre d'eau. Pour titrer cette dissolution on verse, à l'aide d'une pipette, 10^{cc} de la dissolution normale de chlorure de sodium, 5^{cc} de la dissolution d'urée et 5^{cc} d'une solution de sulfate de magnésie saturée.

Cette dernière sert à rendre moins soluble la combinaison d'urée et d'oxyde de mercure qui se produit à la fin de la réaction. On met la solution mercurielle dans une burette ou une pipette de Mohr et on la fait tomber goutte à goutte dans le mélange précédent, en agitant sans cesse. Dès qu'un trouble permanent apparaît, la saturation est arrivée. Si, au lieu de 20^{cc}, il a suffi d'en employer 18,2, on ajoutera $1,8^{cc}$ d'eau distillée aux 18^{cc} de la solution mercurielle; 20^{cc} de cette dissolution précipiteront alors exactement 200 milligrammes de chlorure de sodium.

Quand on veut doser le chlorure de sodium dans l'urine, on commence par précipiter les phosphates par la solution barytique, 25^{cc} pour 50^{cc} d'urine, et on filtre; on acidule légèrement avec l'acide azotique; on prend 15^{cc} de ce mélange qui représente 10^{cc} d'urine, et on verse la liqueur mercurielle jusqu'à ce qu'un trouble permanent se produise. Chaque centimètre cube de la dissolution mercurielle correspond à un centigramme de chlorure de sodium.

Phosphates. — L'acide phosphorique est un acide tribasique; il forme trois séries de sels, suivant qu'un, deux ou trois atomes d'hydrogène sont remplacés par un métal monoatomique. Ainsi, avec le sodium, il forme :

Phosphate de sodium	basique.	Na^3PO^4.
—	neutre.	$(Na^2H)PO^4$.
—	acide.	$(NaH^2)PO^4$.

Les phosphates s'éliminent par les fèces, mais surtout par l'urine. Le phosphate de sodium ne peut s'y

trouver à l'état de sel basique; en présence de l'acide urique, de l'acide hippurique, il se produit une double décomposition, d'où résulte du phosphate acide de sodium, qui donne à l'urine sa réaction acide et dissout les phosphates terreux et les phosphates de magnésium. Chez les herbivores, dont l'urine contient peu de phosphate acide, les phosphates calcaire et magnésien restent dissous par l'acide carbonique, et se déposent par le simple effet du repos.

Phosphates alcalins. — Les phosphates alcalins se rencontrent dans tous les tissus. Ils pénètrent par l'alimentation, à l'état de phosphate de potassium, subissent de doubles décompositions dans l'économie avec le carbonate de sodium, d'où résulte la formation de carbonate de potassium et de phosphate de sodium. La proportion relative des phosphates de sodium et de potassium varie dans les différents liquides de l'organisme : ainsi les globules sanguins renferment plus de phosphate de potassium, le sérum plus de phosphate de sodium. Outre les phosphates provenant de l'alimentation, tout porte à penser que ces sels prennent aussi naissance par l'oxydation du phosphore qui entre dans la composition des matières albuminoïdes. L'urine, en vingt-quatre heures, contient de $3^{gr},1$ jusqu'à $5^{gr},2$ d'acide phosphorique.

Phosphate de calcium $Ca^3 P^2 O^8$. — Les phosphates de calcium existent en petite quantité dans l'urine; généralement à l'état de phosphate normal $Ca''^3 P^2 O^8$, peut-être à l'état de phosphate acide $(HCa'')PO^4$, par le seul effet des acides qui les maintiennent en dis-

solution. Le phosphate normal est soluble dans une dissolution d'acide carbonique, les bicarbonates, le chlorure d'ammonium; l'albumine et la fibrine en renferment toujours une certaine quantité. L'urine en contient 1 pour 1000 et souvent davantage. Lorsque ce phosphate abonde dans l'urine, la chaleur, en chassant l'acide carbonique, en détermine la précipitation à l'état de dépôt blanc amorphe, facilement soluble par l'addition de quelques gouttes d'acide, ce qui le distingue des précipités d'albumine.

Le phosphate de calcium se trouve en quantité très-faible dans l'urine des herbivores, sans doute par l'absence d'acide propre à le maintenir en solution. Chez l'homme, il oscille entre 0,31 et 0,37. Le maximum est 0,61 et le minimum 0,15. (Neubauer.)

Phosphate de magnésium $HMgPO^4$. — Le phosphate de magnésium accompagne toujours le phosphate de calcium, mais sa quantité est généralement plus faible, sauf dans la chair musculaire et dans le parenchyme de la glande thyroïde; ces deux sels se rencontrent fréquemment ensemble dans les calculs, mêlés aussi à du phosphate ammoniaco-magnésien. Le phosphate de magnésium existe dans l'urine à l'état de phosphate neutre $(HMg'')PO^4$, et non à l'état de phosphate basique, comme le prouvent sa forme cristalline et sa solubilité. On reconnaît la présence de ce sel en ajoutant une solution d'ammoniaque à l'urine; il se forme immédiatement un précipité floconneux blanchâtre de phosphate ammoniaco-magnésien; ce dépôt se forme également dans toute urine qui subit la fermentation

ammoniacale; et se trouve toujours mélangé à du phosphate de calcium. L'urine normale renferme environ 0,64 de phosphate de magnésium : maximum 0,9, minimum 0,17. (Neubauer.)

Dosage de l'acide phosphorique. — On dose l'acide phosphorique avec une solution titrée d'acétate d'urane. Cette méthode consiste à précipiter l'acide phosphorique à l'état de phosphate d'urane contenant 19,91 d'acide phosphorique et 80,09 d'oxyde d'urane insoluble dans l'acide acétique libre. Le plus petit excès de solution d'urane donne une coloration très-foncée, si l'on essaye une trace du liquide avec le ferrocyanure de potassium. La liqueur normale s'obtient de la manière suivante :

1° On prépare une solution normale de phosphate de sodium en dissolvant 10,085 grammes de ce sel dans un litre d'eau, 5^{cc} d'une telle dissolution renferment 0,1 gramme d'acide phosphorique ;

2° On forme une dissolution contenant 100 grammes d'acétate de soude avec 900 grammes d'eau et on ajoute 100 grammes d'acide acétique concentré.

On prépare une dissolution d'urane dans l'acide acétique telle, que 20^{cc} renferment 0,4023 d'oxyde d'urane ; 1^{cc} de cette dissolution précipite 0,005 d'acide phosphorique, 20^{cc} précipitent 0,1 gramme ou 50^{cc} de la dissolution de phosphate de sodium.

Pour vérifier le titre de la liqueur, on verse 50^{cc} de la dissolution de phosphate de sodium dans une capsule, on y ajoute 5^{cc} de la solution d'acétate de soude et on porte à l'ébullition. On remplit une burette avec

la solution d'urane que l'on fait tomber goutte à goutte dans la solution chaude de phosphate de sodium, jusqu'à ce qu'une goutte ajoutée à du cyanoferrure de potassium donne la coloration foncée indiquée plus haut qui ne se produit que lorsque tous les phosphates sont décomposés. On connaît alors le nombre de centimètres cubes de la dissolution d'urane qui correspond à 50^{cc} de phosphate de sodium ou 0,1 d'acide phosphorique. Si le titre n'est pas exact, on l'étend d'eau jusqu'à ce que 20^{cc} de la solution d'urane répondent à 0,005 d'acide phosphorique. Si, par exemple, 50^{cc} de dissolution d'acide phosphorique demandent $18,2^{cc}$ de la dissolution d'urane, il faudra ajouter à 200^{cc} de cette dernière 18^{cc} d'eau, pour que chaque centimètre cube de la dissolution d'urane représente 0,005 d'acide phosphorique.

Pour doser, avec cette liqueur normale, les phosphates de l'urine, on prend 50^{cc} d'urine, on les additionne de 5^{cc} de la solution d'acétate de soude, et on verse la solution d'urane en opérant comme pour titrer la liqueur.

Pour doser les phosphates fixés aux terres, on précipite une partie de l'urine avec l'ammoniaque, on dissout le précipité dans un peu d'acide acétique, et on détermine l'acide phosphorique par la méthode précédente.

Sulfates. — Les sulfates alcalins existent, dans la plupart des tissus et des liquides de l'organisme, en faible proportion. Ils manquent absolument dans le lait, la bile, le suc gastrique. Ils existent dans l'urine

en forte proportion (3 à 7 pour 1000) et doivent être regardés comme des produits de désassimilation et un des modes d'élimination du soufre. Ils augmentent de quantité pendant les exercices violents et sous l'influence d'une alimentation azotée. La quantité d'urée excrétée s'accroît en même temps. On peut admettre que les substances albuminoïdes, en se détruisant, forment à la fois de l'urée et des sulfates alcalins. Les sulfates paraissent donc être des produits de destruction des tissus et ne jouer aucun rôle dans la nutrition. L'urine contient 3,5 pour 1000 de sulfate de potasse et 3 de sulfate de soude; d'après Vogel, elle renferme 2,09 d'acide sulfurique combiné aux bases.

On reconnaît l'acide sulfurique en ajoutant de l'azotate de baryte à l'urine acidulée avec l'acide azotique.

Carbonates. — Les carbonates n'existent pas habituellement dans l'urine normale; ils s'y rencontrent après l'introduction de certains aliments. L'ingestion d'une grande quantité de fruits amène souvent la présence du carbonate de sodium dans l'urine, parce que les acides végétaux se convertissent en carbonate pendant leur passage à travers l'économie. On trouve assez fréquemment du carbonate de sodium et même du carbonate de calcium dans l'urine des herbivores.

Ammoniaque. — L'ammoniaque est-elle un élément de l'urine normale? Son existence y est douteuse; elle est au moins très-faible, s'il n'y a pas eu préalablement d'altération pathologique. L'ammoniaque ne se rencontre pas dans le sang; elle se trouve en quantité

très-petite, nulle peut-être, dans l'air expiré. Elle ne peut se former que par la décomposition des substances qui se trouvent dans l'urine. Le dégagement d'ammoniaque que l'on obtient en chauffant l'urine avec une solution alcaline, n'est pas une preuve certaine de sa préexistence : il peut tenir à la décomposition de matières diverses.

Lorsque l'urine s'altère, soit après son émission, par l'effet de causes extérieures, soit dans la vessie, sous l'influence de modifications morbides, elle peut renfermer de l'ammoniaque. On la reconnaît à son odeur et au précipité de phosphate ammoniaco-magnésien qui se produit rapidement sous son influence.

Pour constater sa présence dans une urine neutre ou légèrement acide, on ajoute de l'alcool; on filtre s'il se forme un précipité, on verse dans le liquide filtré quelques gouttes de chlorure de platine, on abandonne au repos pendant quelques heures, on décante le liquide, on lave à l'alcool et on dessèche le chlorure de platine et d'ammonium. 200,66 d'urine normale ont donné à Wicke, par cette méthode, 0,1349 de chlorure double.

On peut plus rapidement encore constater la présence de l'ammoniaque en la précipitant par un mélange d'acétate neutre et d'acétate basique de plomb, et en filtrant. Le liquide qui passe ne contient, comme matières azotées, que l'ammoniaque, l'urée et l'indicane. On l'additionne d'un lait de chaux et on l'abandonne dans un lieu froid; puis on place au-dessus un

papier de curcuma qui ne doit pas toucher le liquide. Après quelque temps, le papier brunit s'il y a de l'ammoniaque.

Neubauer détermine de la manière suivante la quantité d'ammoniaque contenue dans l'urine : il prépare une liqueur d'acide sulfurique et en détermine le titre. Il place ensuite sous une cloche, dont les bords enduits de suif adhèrent intimement à un plateau de verre, deux capsules, l'une renfermant 10^{cc} d'acide sulfurique, l'autre 10^{cc} ou mieux 20^{cc} d'urine mêlée avec 10^{cc} d'un lait de chaux. Au bout de quarante-huit heures, toute l'ammoniaque est dégagée et fixée par l'acide sulfurique. Il titre de nouveau l'acide sulfurique et connaît, par différence, la quantité d'acide saturé par l'ammoniaque et, par suite, la quantité d'ammoniaque contenue dans l'urine.

L'urine chauffée à 50° et traversée par un courant d'hydrogène, ou soumise à l'action du vide, dégage de l'ammoniaque. De 60° à 70°, la production du gaz augmente; elle est due alors à la décomposition des matières contenues dans l'urine.

Les sels d'ammoniaque introduits dans les voies digestives ne donnent pas d'ammoniaque libre dans l'urine.

Acide silicique. — L'acide silicique se trouve toujours en petite quantité dans les cendres de l'urine. On les fond, avec du carbonate de sodium, dans un creuset de platine; on dissout dans l'eau, et, après avoir ajouté un excès d'acide chlorhydrique, on évapore à sec. En reprenant par l'eau acidulée d'acide

chlorhydrique, il reste de l'acide silicique insoluble.

Gaz de l'urine. — Les gaz maintenus en dissolution dans l'urine, entrevus d'abord par Brande, Marcet, Vogel, Cicéry, furent obtenus depuis à l'aide des mêmes méthodes qui servent à extraire les gaz du sang. Planer employa le procédé de Meyer et fit l'analyse d'urine 1° rendue cinq heures après le repas ; 2° urine du matin ; 3° urine rendue deux heures après dîner ; 4° après l'ingestion de 3 drachmes de tartre ; 5° après l'emploi de 2 drachmes de tartrate de potasse neutre.

Urine en centimètres cubes.	Poids spécifique.	Urée pour 1,000 d'urine.	POUR 1,000 CENTIMÈTRES CUBES D'URINE.							POUR 100 VOLUMES DE GAZ.		
			Mélange des gaz.	Gaz libre.	Oxygène.	Azote.	ACIDE CARBONIQUE			Acide carbonique.	Azote.	Oxygène.
							Libre.	Fixé.	Mélangé.			
375	1,015	15,4	75,48	54,7	0,6	8,7	45,4	20,8	66,2	83,0	15,8	1,1
240	1,011	13,7	71,20	52,4	0,2	8,0	44,1	18,8	62,9	81,9	15,9	0,5
270	1,021	24,3	160,5	108	0,5	7,8	99,6	52,5	152,1	92,3	7,2	0,5
135	1,013	14,6	164,3	136,7	0,8	10,9	125,0	27,6	152,6	91,4	8,0	0,6
135	1,009	6,8	62,2	62,2	0,46	12,8	48,9	»	48,9	78,6	20,6	0,7

M. Morin s'est servi du procédé de Magnus. La moyenne de quinze expériences lui a donné, pour 100 volumes d'urine, 2,44 de gaz.

100 volumes contiennent :

Acide carbonique.	65,40
Oxygène.	2,74
Azote.	31,86

Pour avoir les quantités absolues de gaz, il suffit de multiplier ces différents nombres par le volume des gaz. On trouve ainsi les résultats suivants en les rapportant à un litre d'urine et en les exprimant en centimètres cubes :

Acide carbonique.	15,957
Oxygène.	0,658
Azote.	7,773

Ces chiffres sont trop faibles, parce que l'urine n'a jamais été épuisée ; il en reste encore 1/5 du volume environ. En en tenant compte, la quantité de gaz contenue dans l'urine, à l'état physiologique, devient :

Acide carbonique.	19,620
Oxygène.	0,824
Azote.	9,589

Lorsqu'on ingère une grande quantité de liquide, d'eau, par exemple, l'urine dissout beaucoup moins d'acide carbonique. Elle retient une proportion plus forte d'oxygène ; l'azote varie peu. Une heure après l'absorption d'un litre de liquide, l'urine contenait :

	POUR 100 VOLUMES DE GAZ.	PAR LITRE D'URINE.
Acide carbonique.	49,61	9,372
Oxygène.	5,51	1,024
Azote.	44,85	8,347

En étudiant comparativement l'urine du repos et l'urine rendue après une longue marche, M. Morin trouva tout à la fois une augmentation dans la quantité d'eau, d'urée et d'acide carbonique, c'est-à-dire un excès dans les produits les plus avancés de la combustion.

Les moyennes de six expériences ont donné les chiffres suivants :

	ACIDE CARBONIQUE.	OXYGÈNE.	AZOTE.
Urine du repos.	11,877	0,493	7,494
Urine de la marche. . . .	22,880	0,466	8,2 4

SUBSTANCES CONTENUES DANS L'URINE A L'ÉTAT PATHOLOGIQUE

Albumine. — L'albumine ne se rencontre pas dans l'urine chez l'homme sain. Dans les cas pathologiques, elle peut venir du sang, de la lymphe, du pus qui s'y trouvent mélangés ou d'une albuminurie proprement dite, c'est-à-dire selon la définition de M. Gu-

bler, de la sécrétion par les reins d'une urine albumineuse.

L'urine qui contient cet élément morbide est pâle, souvent un peu trouble, même après le repos et la précipitation des particules solides ; elle mousse aisément, sa réaction faiblement acide, sa densité 1,007 à 1,018 inférieure à la densité normale. Elle en renferme comme limite supérieure 35 grammes en vingt-quatre heures (Gorup-Besanez), 23 grammes (Schmidt), 20 à 30 grammes ou 15 grammes par litre (Gubler).

Suivant l'opinion généralement admise, l'urée diminue en même temps; elle peut descendre à 5 et 6 grammes par litre, mais ne dépasse jamais ce minimum; les sels, particulièrement le chlorure de sodium, suivent la même proportion décroissante. M. Gubler conteste l'exactitude de ce fait et trouve habituellement une augmentation dans la quantité d'urée évacuée en vingt-quatre heures.

Outre les éléments de l'épithélium des muqueuses, on reconnaît par l'examen microscopique d'urine albumineuse :

1° De nombreux éléments désagrégés, et des lambeaux étendus de la membrane des tubuli constituant même assez souvent des tubes complets;

2° Des cylindres pleins formés d'une substance homogène, amorphe, translucide, de nature protéique;

3° De fines granulations protéiques ou grasses ;

4° Des globules sanguins.

Parmi les épithéliums des tubes de Bellini dont la

présence est un des signes les plus caractéristiques de l'albuminurie, on rencontre souvent des cylindres pleins parfois très-longs, curvilignes, contournés sur eux-mêmes, formés d'une substance homogène nullement fibroïde, translucide, nuancée de jaune assez foncé et résistante. Cette substance, colorable en brun par l'iode, peu soluble dans l'acide acétique et le nitrate de potasse, est manifestement de nature protéique. Doit-on la considérer comme de la fibrine? On a prétendu qu'elle prend naissance par l'action de la paraglobuline sur le fibrinogène qui se trouve alors dans l'urine. Cette formation de fibrine se comprend difficilement dans un milieu acide, le fût-il même faiblement. On doit plus vraisemblablement la regarder avec MM. Robin[1] et Gubler[2] comme de nature albumineuse.

Plusieurs procédés servent à reconnaître la présence de l'albumine dans l'urine.

On rend l'albumine neutre ou légèrement acide par l'addition d'un petit excès d'acide acétique, et on chauffe à l'ébullition, et on obtient un précipité blanc d'albumine coagulée. Le trouble ne doit pas disparaître quand on ajoute au liquide refroidi quelques gouttes d'acide acétique ou azotique.

On ajoute à l'urine, sans chauffer, de l'acide azotique, l'albumine se coagule et forme des flocons blancs. L'acide azotique précipité, obtenu avec un acide

[1] Robin, *Leçons sur les humeurs*, p. 476.
[2] Gubler, *Dictionnaire des sciences médicales*, 1re série, tome II, page 441.

faible, est soluble dans un grand excès d'urine. Les meilleures proportions sont 10 à 15 gouttes d'acide concentré dans 4 à 5 grammes du liquide à essayer.

On évitera de confondre ce précipité avec un dépôt d'acide urique, provenant de la décomposition des urates. En chauffant légèrement dans ce dernier cas l'urine acidifiée, le précipité se dissout en se colorant, et donne, avec l'ammoniaque, la réaction de l'acide urique; on le reconnaît également à la forme des cristaux. Il peut aussi se former un dépôt d'azotate d'urée; mais ce précipité se produit lentement, seulement dans l'urine très-concentrée, et donne des cristaux faciles à reconnaître.

Beale a vu quelquefois une urine très-albumineuse, acidulée légèrement par l'acide azotique, ne plus se troubler par l'ébullition. Il admet que l'albumine forme une combinaison soluble avec l'acide azotique ou l'acide chlorhydrique mis en liberté.

Dans le dépôt formé par les urines on trouve, outre les éléments histologiques bien définis, une foule de granulations moléculaires qui se colorent en brun par la solution aqueuse d'iode, et sont insolubles dans l'éther et l'acide acétique. M. Gubler en conclut que l'albumine existe sous deux états dans l'urine. L'opalescence de l'urine tient à la présence d'acides qui précipitent un peu d'albumine.

L'albumine apparaît dans l'urine, dans plusieurs conditions physiologiquement bien déterminées. Elle se montre après l'injection d'albumine de l'œuf dans les veines (M. Bernard), même lorsque l'injection est

faite dans une veine mésentérique, malgré le passage de l'albumine dans le foie, le cœur, l'appareil respiratoire. L'alimentation avec des matières albuminoïdes suffit pour produire l'albuminurie. M. Gubler[1] à constaté que l'albumine est excrétée en quantité beaucoup plus considérable après les repas, et en proportion relativement très-faible pendant la nuit.

L'albumine qui se trouve dans l'urine est de l'albumine du sérum. Est-elle toute de la même nature? Lehmann a cru pouvoir en distinguer deux variétés : l'une, la globuline, que l'acide carbonique précipite, et l'autre, à l'état d'albuminates alcalins, que l'acide acétique précipite après que la globuline a été complétement séparée.

Il y a quelquefois aussi dans l'urine une véritable exsudation de fibrine. Dans les cas, par exemple, où l'application de larges vésicatoires développe une cystite cantharidienne, le mucus, suivant M. Robin[2], se trouve mélangé de fibrine qui provient des reins, et se prend quelquefois en masse tremblotante[3].

Dosage de l'albumine. — Pour doser l'albumine, on additionne l'urine d'acide acétique, on la porte à l'ébullition, on recueille le précipité sur un filtre pesé, on lave à l'alcool et on sèche le résidu à 120°, on calcine, et on pèse les cendres. Le premier poids dimi-

[1] Gubler, *Dictionnaire des sciences médicales*, 1re série, tome II, page 448.
[2] Robin, *Leçons sur les humeurs*, page 477.
[3] *Idem*, page 722.

nué des cendres, donne le poids réel d'albumine; On obtient par cette méthode un chiffre trop faible, parce qu'un peu d'albumine peut se dissoudre dans l'acide acétique. On évite en partie cette perte en lavant le filtre avec de l'eau faiblement acidulée par de l'acide azotique.

M. Méhu emploie une solution de 1 partie d'acide phénique cristallisé, 1 d'acide acétique et 2 d'alcool dissous dans 100^{cc} d'eau. Il acidule 100 grammes d'urine avec quelques gouttes d'acide acétique, il y joint 10^{cc} de la solution d'acide phénique; il recueille le précipité sur un filtre et, après l'avoir lavée avec de l'eau tenant en dissolution 1 pour 100 d'acide phénique, il dessèche et pèse l'albumine.

Matières colorantes de la bile. — Les matières colorantes de la bile se reconnaissent aux teintes variées qu'elles prennent sous l'influence de l'acide azotique. Elles passent successivement au vert, bleu, violet, rouge, et enfin au jaune sale. Cette réaction se fait avantageusement dans un tube de verre au fond duquel on introduit quelques grammes d'urine; en versant le long des parois du tube l'acide azotique, sans agiter, on voit, sur la ligne intermédiaire aux deux liquides, une suite de couches concentriques colorées par ces diverses teintes.

L'urine ictérique est brune; elle prend, par l'acide acétique ou chlorhydrique, une teinte verte et redevient brune par l'addition d'ammoniaque ou d'une solution alcaline. Stædeler conclut de ces réactions à la présence de la biliprasine dans l'urine. Cette substance

n'est pas un produit de la sécrétion normale du foie, elle est le résultat d'une transformation de la bilirubine, qui absorbe $2H^2O + O$ pour devenir biliprasine. Il est probable que cette transformation a lieu dans le sang lui-même. L'expérience suivante vient à l'appui de cette hypothèse : la bilirubine injectée dans les veines amène un ictère et se retrouve dans l'urine à l'état de biliprasine.

Acides biliaires. — Les acides biliaires se reconnaissent dans l'urine par la réaction de Pettenkoffer. Après avoir préalablement coagulé l'albumine et filtré le liquide, on ajoute goutte à goutte à 4 ou 5 grammes d'urine les 2/3 environ de son volume d'acide sulfurique concentré ne contenant pas d'acide sulfureux, et on projette dans le liquide un très-petit fragment de sucre ; s'il y a des acides biliaires, il se développe, au bout d'une ou deux minutes, une coloration violette caractéristique. En exécutant cette expérience, on ne doit pas oublier qu'en présence de l'albumine, des essences de térébenthine, de girofle, etc., l'acide sulfurique donne également avec le sucre une coloration rouge.

On peut également déterminer la présence des acides biliaires contenus dans l'urine en ajoutant un mélange d'acétate de plomb basique et d'ammoniaque ; on lave le précipité à l'eau, puis, après l'avoir fait bouillir avec de l'alcool, on filtre le liquide bouillant. Les sels de plomb des acides biliaires se dissolvent dans l'alcool ; on ajoute quelques gouttes de soude, on évapore à sec dans un bain-marie ; on

reprend le résidu par l'alcool absolu, qui dissout les sels de soude des acides biliaires ; on réduit, par l'évaporation, à un petit volume ; on précipite par un excès d'éther, et on laisse cristalliser. On décante l'excès d'éther, on dissout les cristaux dans un peu d'eau et on ajoute une goutte de chlorure de baryum qui précipite l'acide cholalique; on sépare es acides taurocholique et glycocholique comme on l'a dit page 101.

Pour un essai qualitatif, on peut prendre la dissolution alcoolique des sels de soude et la soumettre à la réaction de Pettenkoffer, ou l'étudier dans un appareil de polarisation.

Glucose. — La glucose se rencontre dans le canal intestinal, dans le sang, le chyle, le liquide musculaire, la lymphe, l'albumine de l'œuf des oiseaux, le liquide de l'allantoïde des herbivores, les veines sus-hépatiques, l'urine du fœtus de la vache et de la chienne avant l'époque où le foie en produit, et disparaît à l'époque de la naissance. Elle se trouve dans l'urine des femmes enceintes, des enfants nouveau-nés soumis au régime lacté, dans celles de l'asthme, de la pleurésie, des tubercules pulmonaires après l'éthérisation, c'est-à-dire dans tous les cas où un obstacle quelconque s'oppose à une complète hématose. Dans le cas de diabète, elle existe en quantité considérable dans l'urine, le sang, la salive, la matière des vomissements, les sueurs, le tissu des reins, des poumons, de la rate, et même dans les fèces.

On peut rendre artificiellement les animaux diabétiques par la piqûre du bulbe rachidien, en arrière, à

égale distance des nerfs acoustiques et des pneumogastriques, par la section des nerfs splanchniques dans la cavité abdominale, par l'empoisonnement avec le curare quand on entretient la respiration artificielle, par l'injection d'une grande quantité de glucose dans les veines.

Glucose dans l'urine normale.—Divers auteurs regardent la glucose comme un élément normal de l'urine. Ils ont donné pour l'extraire les procédés suivants :

On ajoute de l'acide chlorhydrique à un litre d'urine; on filtre après un certain temps, lorsque tout l'acide urique est déposé; on sature la dissolution par la potasse et on ajoute de l'alcool jusqu'à ce qu'un trouble se produise; on filtre de nouveau, et à la dissolution on ajoute une solution alcoolique de soude en quantité suffisante pour qu'elle prenne une légère réaction alcaline. Dans la liqueur alcoolique, abandonnée au froid pendant vingt-quatre heures, il se forme un dépôt cristallin qui s'attache aux parois du vase. On décante; on renverse le vase sur un papier à filtrer et on laisse sécher les parois par l'évaporation spontanée; on dissout ensuite le dépôt dans une petite quantité d'eau froide; la solution donne les réactions de la glucose.

Une autre méthode consiste à précipiter l'urine par l'acétate neutre de plomb, et à ajouter à la solution filtrée de l'acétate basique de plomb. Le sucre n'est pas précipité par ces réactifs. Dans la solution filtrée on verse de l'ammoniaque. Le précipité obtenu est lavé avec une solution concentrée de sel marin; on

l'agite avec de l'eau et on le triture avec une solution concentrée d'acide oxalique, jusqu'à ce que le liquide filtré ne précipite plus par un excès d'acide oxalique; on filtre, on neutralise avec de la soude, on acidule avec l'acide acétique, et on évapore rapidement au 1/5 de la dissolution. Après le refroidissement, on ajoute 5 fois le volume d'alcool absolu et on abandonne au froid, jusqu'à ce que l'oxalate de soude soit déposé; on filtre, et on ajoute une solution alcoolique alcaline, tant qu'il se forme un trouble. Après un repos de quarante-huit heures dans un lieu froid, on décante la combinaison de sucre et de potasse, on la décompose par l'acide oxalique étendu, on sature l'excès d'acide oxalique par du carbonate de chaux, on ajoute au liquide 4 fois son volume d'alcool et on filtre. Le liquide filtré, additionné d'acide acétique faible, donne un sirop jaunâtre par l'évaporation.

Glucose dans la glucosurie. — Pour extraire la glucose de l'urine des diabétiques, on la fait évaporer jusqu'à cristallisation; on lave les cristaux avec de l'alcool froid, on les redissout dans l'eau et on les soumet à une nouvelle recristallisation.

La glucose se dépose de ses solutions aqueuses ou faiblement alcooliques en mamelons contenant de l'eau de cristallisation, et des dissolutions alcooliques concentrées en aiguilles anhydres. Elle est moins soluble dans l'eau que le sucre de canne, et exige pour sa dissolution une fois et demie son poids d'eau froide. Elle se dissout dans l'eau bouillante en toutes proportions et est soluble dans l'alcool et insoluble dans l'éther. La

glucose fond à 100° ou un peu au-dessous, en perdant 9 pour 100, ou 2 atomes d'eau. Fondue, elle constitue une masse jaune et transparente qui attire l'humidité de l'air et cristallise de nouveau en une masse grenue quand elle a repris son eau de cristallisation. A 140°, elle perd encore de l'eau et se convertit en caramel.

Les solutions aqueuses de la glucose dévient le plan de polarisation à droite. Amené à une rotation permanente par une dissolution suffisamment prolongée, leur pouvoir rotatoire ne change pas sous l'influence des acides, varie peu avec la température, et est égal à + 53 pour la teinte de passage.

L'acétate de plomb basique ne précipite les solutions de glucose que par l'addition d'ammoniaque.

La glucose, bouillie longtemps avec les acides sulfurique et chlorhydrique étendus, se transforme en composés ulmiques mêlés d'acide formique, quand la décomposition a lieu au contact de l'air. L'acide sulfurique concentré et froid transforme la glucose en acide sulfo-conjugué sans le charbonner.

Les bases alcalines et alcalino-terreuses se combinent facilement à la glucose et se détruisent à la température de l'ébullition. M. Péligot a obtenu le glucosate de baryte, de chaux, de plomb.

La glucose se combine au chlorure de sodium pour former un composé cristallin.

$$(C^6H^{12}O^6)^2NaCl + Aq.$$

M. Berthelot a combiné la glucose avec les acides

butyrique, acétique, stéarique, benzoïque, en les chauffant dans des tubes fermés pendant cent ou cent vingt heures. Les deux corps s'unissent avec élimination d'eau et donnent naissance à des corps analogues aux éthers par leur constitution.

La glucose fermente sous l'influence de la levûre de bière et donne comme produit principal de l'alcool et de l'acide carbonique.

$$C^6H^{12}O^6 = 2CO^2 + 2C^2H^6O$$

La réaction est en réalité moins simple : elle s'accompagne d'une formation constante de glycérine et d'acide succinique; une autre partie du sucre sert aussi à l'accroissement de la levûre. Pour reconnaître la glucose dans l'urine ou dans une dissolution, il faut d'abord enlever les matières albuminoïdes. Si la matière est neutre ou alcaline, on l'acidule par l'acide acétique, on la porte à l'ébullition et on filtre. On reconnaît alors la présence du sucre aux caractères suivants :

Réaction de Moore. — On ajoute à l'urine environ la moitié de son volume de solution de potasse. Dès que l'on chauffe, on voit le liquide prendre une coloration jaune d'abord, puis brune, et se foncer de plus en plus au fur et à mesure que l'ébullition se prolonge. Lorsqu'il n'y a que peu de glucose, la solution garde une teinte ambrée ou légèrement brunâtre.

Réaction de Trommer. — On verse dans un tube le liquide à essayer ; on y ajoute environ la moitié de son volume d'une solution de sulfate de cuivre et de la po-

tasse. On chauffe à l'ébullition la solution bleu foncé. Il se forme immédiatement un précipité brun rougeâtre d'oxydule de cuivre, s'il y a du sucre. Au lieu de chauffer, il suffit de laisser reposer le mélange quelque temps pour que le même précipité se dépose graduellement.

Réaction de Fehling. — On fait dissoudre 34gr,639 de sulfate de cuivre pur dans 180 à 200 grammes d'eau. On dissout également 173 grammes de tartrate neutre de soude et de potasse dans 500 à 600 grammes de lessive de soude caustique d'une densité de 1,12, et on mêle peu à peu les deux dissolutions; on étend le mélange éclairci, de manière à former un litre. 10cc de cette dissolution correspondent à 0,05 de sucre de raisin. Cette liqueur est d'un bleu intense, et se maintient claire et limpide pendant longtemps.

Ces réactifs ne prouvent l'existence de la glucose dans l'urine que si le précipité se forme après une ou deux minutes d'ébullition au plus, avant que des réactions secondaires ne soient venues modifier les résultats. On ne conclura pas à la présence du sucre par le simple changement de couleur de la dissolution : il faut qu'il y ait un précipité; on ne confondra pas non plus le précipité rougeâtre d'oxydule de cuivre avec le dépôt blanc ou légèrement verdâtre qui est dû à la présence des phosphates.

En présence de l'albumine, les sels de cuivre ne se réduisent pas; mais la leucine, l'allantoïne, la créatine, la créatinine, la cellulose, le tannin, le chloro-

forme, l'acide urique peuvent amener la précipitation de l'oxyde de cuivre.

Réaction de Böttcher. — On ajoute à la solution à essayer une trace d'oxyde de bismuth ou de sous-nitrate basique de bismuth et une solution concentrée de carbonate de sodium ou de soude caustique, et on fait bouillir quelque temps. S'il y a de la glucose, il se forme d'abord un précipité verdâtre, puis noir par la réduction de l'oxyde de bismuth. Lorsque la quantité de sucre est faible, il faut n'employer qu'une quantité extrêmement petite d'oxyde de bismuth.

Réaction de Maumené. — On plonge dans une solution de perchlorure de fer (2 parties de sel pour 1 d'eau) des lanières d'étoffes de laine; on les fait sécher au-dessus d'un bain-marie; on verse une goutte de l'urine à essayer sur l'étoffe et on chauffe au-dessus d'une lampe à alcool; il se fait une tache noire s'il y a du sucre en présence.

Origine du sucre. — Le sucre contenu dans l'économie provient de plusieurs sources : des aliments, des réactions qui se passent dans le foie et dans le liquide musculaire. La partie qui provient des aliments, pénètre dans le canal intestinal et entre dans la circulation générale par le fait seul de l'absorption. Lors même que les aliments ne contiennent pas de matières sucrées, s'ils renferment des hydrates de carbone, de l'amidon particulièrement, les réactions qui constituent l'essence même des phénomènes de la digestion donnent naissance à de

la glucose. La salive, le liquide pancréatique spécialement, produisent cette transformation avec une grande rapidité.

Mais, à côté de cette production du sucre mise depuis longtemps hors de doute, on sait que M. Bernard d'abord, d'autres physiologistes à sa suite, ont reconnu que le foie a une action particulière sur la formation du sucre. Sans doute, le foie qui n'est pas altéré contient peu de sucre, peut-être même n'en renferme-t-il jamais, mais il n'est pas moins un organe sécréteur de cette substance, comme le prouvent les analyses du sang de la veine porte et des veines sushépatiques. La première contient des proportions à peine sensibles de sucre; les secondes sont au contraire riches en glucose et la déversent ensuite dans la circulation générale.

La glucose prend encore naissance dans les muscles. Elle se produit dans le tissu musculaire abandonné à lui-même, même lorsque tout le sang a été expulsé par des injections d'eau pure, chez des animaux soumis depuis longtemps à une nourriture purement animale.

Elle se trouve en petite quantité dans toute la longueur du canal intestinal, elle est en partie absorbée par les capillaires sanguins, en moindre quantité par les lymphatiques. Mais la majeure partie du sucre contenu dans l'intestin subit d'autres métamorphoses; il se change en acide lactique, et au niveau du cæcum en acide butyrique; ces acides se mêlent à la masse alimentaire. La glucose qui a pénétré dans la circu-

lation, soit qu'elle provînt de l'absorption dans l'intestin, soit de l'action propre du foie, disparaît rapidement. Injectée dans les veines, si l'excès n'est pas trop considérable, elle se détruit très-vite et ne se retrouve pas dans les sécrétions, particulièrement dans l'urine.

Quelle transformation la glucose éprouve-t-elle dans le sang? Elle s'élimine comme produit final en eau et en acide carbonique qui se dégagent dans l'acte de la respiration, la transpiration cutanée et les diverses sécrétions; mais ces phénomènes d'oxydation ont-ils lieu directement dans les vaisseaux et sans modifications préalables? Ici les avis sont partagés. M. Bouchardat, MM. Robin et Verdeil admettent un premier changement en acide lactique qui, réagissant sur les carbonates du sang, produit le dégagement d'acide carbonique. On a contesté l'exactitude de cette théorie en faisant remarquer que la glucose, en présence d'une solution alcaline, ne donne, par l'action de l'ozone, que de l'acide carbonique et de l'acide formique. Si ces interprétations sont encore discutées, il est hors de doute, d'après les travaux de M. Regnault et de Pettenkoffer, qu'une alimentation amylacée ou formée de substances qui produisent facilement du sucre, donne dans l'air expiré un excès d'acide carbonique, si l'air inspiré est en quantité suffisante..

Dosage du sucre par la méthode de Barreswill. — La liqueur de Fehling doit être titrée de telle manière que 20^{cc} soient décolorés par 1 décigramme de glucose. Pour en vérifier le titre, on dissout

1 gramme de glucose dans 200 grammes d'eau; 20 grammes de cette dissolution renferment 1 décigramme de glucose et doivent décolorer complétement 20^{cc} de la solution bleue. On verse 20^{cc} de cette dernière liqueur cuprique dans un ballon de 150 grammes et on l'étend avec 100 grammes d'eau distillée environ. On porte à l'ébullition; puis, au moyen d'une burette graduée, on y fait tomber goutte à goutte le liquide sucré. Dès que les deux liquides sont en contact, on voit apparaître un précipité jaune d'hydrate cuivreux qui peu à peu devient rouge et gagne le fond. A mesure que l'opération s'avance, la couleur du liquide diminue d'intensité et le cuivre se précipite à l'état de protoxyde; elle est terminée dès que le liquide est entièrement décoloré. Le point délicat de l'opération est de saisir exactement le moment où la précipitation de l'hydrate cuprique est complète, et la décoloration totale. Un excès de sucre ajouté produit une teinte brune.

Quand la liqueur est exactement titrée, 20^{cc} doivent précipiter exactement 20^{cc} de liqueur de Fehling. S'il faut, au contraire, un nombre plus petit ou plus grand de centimètres cubes de dissolution sucrée pour arriver à la décoloration, soit, par exemple, $23^{cc},4$, on en conclut que 20^{cc} de liqueur de Fehling correspondent à 0,117 de glucose. Ce chiffre représente le titre de la liqueur. Dans l'exemple précédent, le titre est trop élevé, on peut le rapporter au titre normal en ajoutant à 100 volumes de la dissolution assez d'eau pour en faire 117 volumes.

Quand on emploie la liqueur de Fehling pour la détermination de la glucose dans l'urine, on opère comme pour le titrage de la solution sucrée. On prend 10^{cc} d'urine et on l'étend d'une quantité d'eau suffisante et déterminée pour que l'urine contienne à peine 1 pour 100 de glucose. S'il faut employer $10^{cc},6$ d'urine pour arriver à la décoloration des 20^{cc} de liqueur de Fehling, on en conclut que $10^{cc},6$ correspondent à 1 décigramme de glucose et qu'il y y en a dans un litre $\frac{0,1 \times 1000}{10,6} = 9,43$.

Détermination du sucre par la fermentation. — On se sert d'un appareil composé de deux petites fioles réunies par un tube recourbé. Dans l'une des fioles on place 20 ou 30^{cc} de l'urine à essayer, avec de la levûre de bière bien lavée et desséchée ensuite, et un peu d'acide tartrique. Dans l'autre fiole on met de l'acide sulfurique et on pèse l'appareil. On le laisse exposé à une température de 30 à 40° ; la fermentation s'établit, l'acide carbonique se dégage. Après deux jours, la fermentation est terminée ; on aspire par le petit tube, de manière à remplacer l'acide carbonique contenu dans le ballon par de l'air, et on pèse de nouveau l'appareil. La différence entre les deux pesées donne le poids de l'acide carbonique éliminé. L'acide sulfurique sert à dessécher l'acide carbonique. L'acide tartrique empêche qu'il ne s'établisse des fermentations autres que la fermentation alcoolique. Du poids de l'acide carbonique on peut calculer la quantité de sucre contenue

dans l'urine. Ce procédé n'a pas une rigueur absolue. M. Pasteur a vu en effet qu'outre l'acide carbonique et l'alcool, la fermentation alcoolique produisait encore de la glycérine, de l'acide succinique et des matières grasses qui ne peuvent entrer dans le calcul et sont une cause d'erreur.

Saccharimétrie. — La détermination du pouvoir rotatoire permet de doser la quantité de sucre qui existe dans une solution. On peut se servir pour cette mesure de l'appareil de Biot, qui donne des résultats remarquablement exacts ; on se contente en général, dans les recherches physiologiques, d'appareils plus simples, tels que le saccharimètre de Soleil, les appareils de Mitscherlich et de Wild.

Saccharimètre de Soleil. — La construction de cet instrument repose sur les principes suivants :

Un faisceau de lumière naturelle se polarise en traversant un prisme de Nicol, placé de telle sorte, que le rayon ordinaire soit rejeté hors de l'axe de l'appareil. Le rayon extraordinaire passe dans une lame de quartz à deux rotations, formée de deux disques de quartz juxtaposés suivant leur diamètre, l'un dextrogyre, l'autre lévogyre, d'une épaisseur égale et telle, que les images colorées qui se produisent se confondent en une teinte commune quand la teinte sensible apparaît. Si dans ces conditions on place un tube contenant un liquide actif devant la plaque à deux rotations, il augmente l'action du quartz qui tourne dans le même sens et diminue dans la même proportion celle qui se trouve en sens inverse, et dès lors fait appa-

raître de nouveau deux teintes différentes et complémentaires sur les deux lames de quartz.

Le rayon lumineux traverse ensuite un compensateur formé d'une plaque fixe de quartz dextrogyre et de deux prismes triangulaires de quartz lévogyre plus épais à une extrémité, et glissant l'un sur l'autre de manière à former des épaisseurs variables de quartz. A l'aide d'une échelle graduée que le compensateur entraîne dans ses mouvements, on peut apprécier l'épaisseur du quartz lévogyre employé. Quand cette épaisseur est égale à celle du quartz dextrogyre, il la compense exactement et on est au 0 de l'instrument.

Un prisme biréfringent sert d'analyseur; il fait apparaître la teinte sensible. Plus en arrière se trouvent une lame de quartz, une lunette de Galilée et un prisme biréfringent. Cette dernière partie de l'appareil sert à faire apparaître plus nettement la teinte sensible.

Pour se servir de l'instrument, on place dans un tube de 10 ou 20^{cc} de l'eau pure; on fixe la lunette de manière à apercevoir nettement la raie de séparation des deux disques. L'appareil étant à 0, la teinte sensible se montre sur les deux moitiés du disque. On remplace alors l'eau du tube à essai par un liquide actif; les deux images reparaissent avec leur teinte complémentaire, et pour retrouver la teinte sensible, il faut faire mouvoir le compensateur d'un certain nombre de degrés, à droite si la substance est dextrogyre, à gauche si elle est lévogyre.

L'instrument est réglé de manière que 1° correspond à 1,647 de sucre de canne, à 2,256 de glucose, à 2,019 de sucre de lait. Des tables dressées d'avance donnent facilement la quantité de sucre qui correspond aux divers degrés de l'échelle.

Appareil de Wild. — Cet instrument consiste en un tube renfermant à une de ses extrémités un prisme de Nicol, lequel agit comme polariseur et se trouve lié à un cercle vertical gradué mobile qui l'entraîne dans ses mouvements en passant devant un index gradué, faisant vernier.

A l'autre extrémité, se trouve un polariscope de Savart formé de deux lames de quartz derrière lesquelles on place un prisme de Nicol agissant comme analyseur, puis, plus en arrière, deux fils croisés en croix de Saint-André et une lunette.

Entre ces deux parties de l'instrument, il existe un espace vide, se fermant avec une plaque, pour produire une chambre noire, dans laquelle on place les tubes contenant la dissolution des substances dont on veut mesurer le pouvoir rotatoire.

Pour se servir de l'instrument, on règle l'oculaire de façon à voir nettement les fils formant la croix de Saint-André ; puis on fait tourner la plaque mobile qui entraîne le prisme de Nicol jusqu'à ce que les franges colorées disparaissent ; on est alors au 0 sur l'alidade graduée. On verse le corps actif liquide ou en dissolution dans des tubes d'une longueur déterminée, et on les place sur le trajet du rayon lumineux. On voit reparaître les franges colorées ; pour les faire

disparaître, on doit tourner le limbe et le prisme polariseur en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre par rapport à l'observateur, si le corps est dextrogyre, dans le sens du mouvement des aiguilles s'il est lévogyre.

On peut avec cet appareil mesurer directement la quantité de sucre contenue dans un liquide. Si on observe une déviation de *a* degrés avec la lumière diffuse ou la lumière blanche d'une lampe, après l'interposition d'un tube de L millimètres de longueur contenant une dissolution sucrée, la concentration de celle-ci, c'est-à-dire le nombre de grammes de sucre contenu dans un litre de dissolution se calcule par la formule $G = 1408 \frac{O}{L}$.

On emploie avec avantage la lumière homogène, c'est-à-dire la flamme d'une lampe à gaz, ou de l'alcool salé ; on se sert alors de la formule $G = 1505{,}6 \frac{a}{L}$. Dans la pratique, des tables calculées d'avance dispensent de tout calcul.

Détermination du pouvoir rotatoire moléculaire. — Quand on place dans l'appareil de Biot, de Mitscherlich, ou de Wild un tube rempli d'une substance active, une solution de sucre, par exemple, le plan de polarisation se dévie et il faut tourner l'analyseur d'un certain angle pour retrouver la teinte sensible ou faire disparaître les franges. La dissolution a donc déviée d'un angle (*a*) le plan de polarisation de la lumière. On reconnaît en employant des tubes de di-

verses longueurs, pleins d'une même solution, que les angles de rotation sont proportionnels aux longueurs des tubes ; et en se servant d'un tube d'une longueur constante avec des dissolutions de plus en plus riches en matières actives, que les angles de déviation, sont proportionnels aux quantités de sucre renfermées dans un même volume de liquide. On peut donc dire, d'une manière générale, que les déviations ou les rotations du plan de polarisation sont proportionnelles au nombre des molécules sucrées que le rayon rencontre dans son trajet. Soit (a) la déviation qu'un liquide homogène imprime au plan de polarisation du rayon simple en agissant à travers l'unité d'épaisseur et une densité égale à l'unité; la densité, devenant δ sans que l'énergie de l'action moléculaire change, la déviation à travers l'unité d'épaisseur sera $(a)\delta$, puis la longueur devenant l pour la même densité, la déviation totale deviendra $(a)l\delta$. Si donc a représente la déviation observée expérimentalement, on aura :

$$(\alpha)l\delta = \alpha, \text{ d'où : } (\alpha) = \frac{\alpha}{l\delta}.$$

Cette quantité est la même à une température égale pour toutes les valeurs de l et de δ, et se nomme le pouvoir rotatoire moléculaire ou spécifique du liquide homogène observé.

Allantoïne. — L'allantoïne fut découverte en 1800 par Vauquelin, dans l'eau de l'amnios de la vache ; elle fut trouvée depuis dans l'urine des veaux, des enfants nouveau-nés, jusqu'au huitième jour de la naissance, dans celle des chiens qui éprouvent des trou-

bles dans la respiration ou qui sont soumis à une nourriture végétale, après la ligature des uretères, l'injection de créatine dans le sang, etc.

Le liquide de l'amnios ou l'urine d'un jeune veau dépose de l'allantoïne par évaporation ; on la décolore en reprenant par l'eau et en faisant bouillir la dissolution avec du charbon animal additionné d'acide chlorhydrique, qui précipite l'acide urique et dissout les phosphates; on la purifie en la faisant recristalliser.

On l'obtient artificiellement en projetant du peroxyde de plomb dans de l'eau bouillante contenant de l'acide urique en suspension, tant que la décoloration se produit. Dans la dissolution filtrée, on précipite le plomb par l'hydrogène sulfuré et on fait cristalliser :

$$\underset{\text{Acide urique.}}{C^5H^4Az^4O^3} + H^2O + \underset{\text{Bioxyde de plomb.}}{PbO^2} = \underset{\text{Carbonate de plomb.}}{CO^3Pb} + \underset{\text{Allantoïne.}}{C^4H^6Az^4O^3}.$$

Une partie de l'allantoïne se décompose pendant la réaction en urée et oxalate.

$$\underset{\text{Allantoïne.}}{C^4H^6Az^4O^3} + H^2O + \underset{\text{Bioxyde de plomb.}}{PbO^2} = \underset{\text{Urée.}}{2CH^4Az^2O} + \underset{\text{Oxalate de plomb.}}{C^2O^4Pb}.$$

L'allantoïne cristallise en prismes ou en aiguilles qui appartiennent au système du prisme rhomboïdal oblique; elle est très-soluble dans l'eau bouillante, mais insoluble à froid ; chauffée avec de l'acide iodhydrique, elle se transforme en urée et en hydantoïne $C^3H^4Az^2O^2$.

L'allantoïne se comporte comme un acide et s'unit aux métaux. Elle ne précipite pas l'acétate de plomb ni le sublimé corrosif, mais dans une solution froide et étendue d'azotate de mercure, elle donne un précipité $[(C^4H^5Az^4O^3)^2Hg]^2 3HgO$. A l'ébullition, elle trouble également le nitrate d'argent et l'ammoniaque ajoutée goutte à goutte.

Pour extraire l'allantoïne des liquides de l'organisme, on coagule d'abord l'albumine par l'ébullition et on filtre; on verse une solution d'azotate de mercure, on recueille le précipité et on le décompose par l'hydrogène sulfuré; on filtre, on ajoute de l'ammoniaque et on réduit à un petit volume au bain-marie; on précipite le liquide clair par une dissolution ammoniacale d'azotate d'argent; on recueille sur un filtre le précipité, et, après l'avoir lavé, on enlève le métal par l'hydrogène sulfuré; l'allantoïne cristallise par évaporation.

Si on veut obtenir un dosage, on calcine le précipité argentique et on pèse l'argent. Le précipité d'allantoïne et d'argent contient 40,75 d'argent.

Acide succinique. — L'acide succinique prend naissance dans un grand nombre de réactions, particulièrement par l'oxydation des matières grasses, des acides gras, sous l'influence de l'acide azotique. Il se produit pendant la fermentation de l'asparagine, du malate de chaux (Dessaignes), la fermentation alcoolique; il se forme lorsqu'on réduit les acides malique et tartrique sous l'influence de l'acide iodhydrique.

Simpson l'a obtenu en décomposant par la potasse le dicyanure d'éthylène :

$$C^2H^4 \left\{ \begin{matrix} CAz \\ CAz \end{matrix} \right. + 2KHO + 2H^2O = 2AzH^3 + \left. \begin{matrix} C^4H^4O^2 \\ K^2 \end{matrix} \right\} O^2.$$

Cyanure d'éthylène. — Succinate de potassium.

Müller, en traitant par la potasse l'acide cyanopropionique :

$$C^3H^5(CAz)O^2 + 2H^2O = \left. \begin{matrix} C^4H^4O^2 \\ H^2 \end{matrix} \right\} O^2 + AzH^3.$$

Acide cyanopropionique. — Acide succinique.

L'acide succinique se trouve constamment dans l'urine humaine, en plus grande proportion après une nourriture végétale, surtout si les aliments contiennent de l'acide malique ou du malate de chaux. Dans les mêmes circonstances, on constate sa présence dans la salive, la sueur, le parenchyme de la rate, de la thyroïde, du thymus.

Pour extraire l'acide succinique de l'urine, on la précipite complétement par l'eau de baryte; le liquide filtré est évaporé jusqu'à cristallisation commençante de l'urée; on filtre, pour séparer les urates, et on précipite l'urine avec son volume d'alcool absolu; le précipité contient des chlorures alcalins, des urates alcalins, de la matière colorante et du succinate de soude insoluble dans l'alcool. On purifie ce dernier par la recristallisation dans l'eau.

L'acide succinique cristallise, dans le système du prisme oblique à base rectangle, se dissout dans 5 parties d'eau à 16° et dans 22 à 100°; il est moins so-

luble dans l'alcool; il l'est à peine dans l'éther; il fond à 180°.

Chauffé en vase clos avec du brome, il donne les acides mono et bibromo-succinique. L'acide mono-bromo-succinique se convertit en acide malique quand on le traite par l'eau et l'oxyde d'argent.

$$\underset{\text{Acide monobromosuccinique.}}{C^4H^5BrO^4} + AgHO = \underset{\text{Acide malique (oxysuccinique).}}{C^4H^6O^5} + 2AgBr.$$

L'acide bibromosuccinique se transforme en acide tartrique, sous l'influence de l'eau et de l'oxyde d'argent.

$$\underset{\text{Acide bibromosuccinique.}}{C^4H^4Br^2O^4} + Ag^2O + H^2O = \underset{\text{Acide tartrique.}}{C^4H^6O^6} + 2AgBr.$$

Ces expériences montrent la facile transformation des acides succinique, malique, tartrique les uns dans les autres; ces acides ne diffèrent entre eux que par un seul atome d'oxygène.

Acide succinique.	$C^4H^6O^4$.
Acide malique.	$C^4H^6O^5$.
Acide tartrique.	$C^4H^6O^6$.

L'acide succinique ne se rencontre pas dans les aliments, il provient quelquefois des transformations de l'asparagine, de l'acide malique, et, d'après Meissner, augmente alors de quantité dans l'urine; il paraît en général un produit de transformation régressive des matières albuminoïdes, et surtout des matières grasses. Il est toujours au moins un produit constant de leur oxydation, et plus tard se transforme presque entièrement en eau et en acide carbonique. Une pe-

tite quantité d'acide succinique échappe seule à cette destruction totale et se retrouve dans l'urine à l'état de succinate de sodium.

Analyse. — Pour reconnaître des traces d'acide succinique, on acidule à l'aide de l'acide chlorhydrique étendu et on coagule l'albumine par la chaleur, on sature la dissolution claire avec de la potasse et on ajoute de l'alcool ; après le refroidissement on recueille le précipité, on le dissout dans l'eau, et on obtient par évaporation des cristaux de succinate de potassium. Pour extraire l'acide succinique, on traite le succinate alcalin par un mélange d'acide chlorhydrique et de parties égales d'alcool et d'éther. L'acide devenu libre se dissout à l'état libre dans l'éther et cristallise par évaporation. On le reconnaît à la forme de ses cristaux, et au précipité brun, insoluble que les succinates alcalins neutres forment dans les sels de peroxyde de fer. Ce procédé est surtout avantageux quand on opère sur le sang et les liquides séreux ; Meissner regarde la méthode suivante comme préférable pour extraire l'acide succinique de l'urine : on additionne l'urine avec de l'eau de baryte tant qu'il se produit un précipité ; dans le liquide filtré on enlève l'excès de baryte en ajoutant de l'acide sulfurique tout en ayant soin de ne pas dépasser la limite de la saturation ; on évapore le liquide jusqu'au point ou l'urée cristallise et on verse de l'alcool sur le liquide filtré ; on obtient un précipité qui, après avoir été purifié par une nouvelle recristallisation, possède les caractères de l'acide succinique.

CHAPITRE VIII

GÉNÉRATION

SPERME

Le sperme, tel qu'il se présente dans le canal déférent, est une substance blanchâtre, visqueuse, inodore, qui est composée presque exclusivement des filaments séminaux unis entre eux par une très-faible quantité de liquide. Kœlliker a trouvé dans le sperme du taureau :

Eau.	82,06
Matériaux solides.	17,94

Se décomposant en :

Graisse phosphorée.	2,165
Sels.	2,637
Substance des spermatozoïdes. .	13,138

Le sperme éjaculé est constitué par le sperme pur uni aux produits de la sécrétion des vésicules séminales, de la prostate et des glandes de Cowper. Il est incolore, opalin, alcalin et dégage une odeur spéciale. Examiné au microscope, on y trouve des sper-

matozoïdes, un liquide transparent qui, traité par de l'eau, forme des flocons, des lambeaux blanchâtres et irréguliers, et qui sans aucun doute provient principalement des vésicules séminales. Cette substance, d'apparence gélatineuse, a été décrite par Henle comme de la fibrine, et Lehmann la considère comme un albuminate de soude. Quand le sperme se dessèche, il se forme une grande quantité de phosphate ammoniaco-magnésien entre les spermatozoïdes, qui ne s'altèrent nullement.

Les spermatozoïdes résistent à l'action de la plupart des réactifs, l'acide acétique ne les attaque pas, la potasse et la soude les font pâlir et les dissolvent difficilement; l'acide azotique et la potasse ne les colorent point en jaune, ni le sucre et l'acide sulfurique en rouge.

Le sperme contient de l'eau, de la spermatine, des matières grasses, de la lécithine, les sels inorganiques du sang, et particulièrement les phosphates alcalins et terreux et le chlorure de sodium.

La spermatine est une substance albuminoïde mal déterminée qui paraît n'être que de la globuline ou un albuminate alcalin, peut-être de la mucine. Dissoute, elle ne se coagule pas par la chaleur, elle se trouble par l'addition d'acide acétique et se redissout dans un excès. Les solutions acétiques précipitent par le ferrocyanure de potassium et par l'acide azotique. Par l'évaporation elle passe à l'état insoluble, le résidu est soluble dans les alcalis faibles, d'où le précipitent les alcalis concentrés.

Frerichs a trouvé peu d'albumine dans le sperme pur sécrété dans le testicule, chez le lapin, le coq et la carpe. Les cendres contenaient des chlorures alcalins et de petites quantités de phosphates, de sulfates alcalins et de phosphate de magnésium. Les spermatozoïdes renfermaient 4,05 pour 100 de graisse jaunâtre et 5,21 de cendres, dans lesquelles on reconnut de la chaux et de l'acide phosphorique. Les cendres contiennent une grande quantité de sels particulièrement de phosphates. Vauquelin a trouvé pour la composition du sperme :

Eau	900
Mucilage	60
Soude caustique	10
Phosphate de calcium	30

ŒUF

L'œuf de poule est constitué par des parties facilement séparables. A l'extérieur, la coquille, revêtue intérieurement d'une mince pellicule, lui donne sa forme et enveloppe le blanc et le jaune de l'œuf.

La coquille contient, d'après Vauquelin, 89 de carbonate de calcium, 5,7 de phosphate de calcium et une matière animale.

Le blanc de l'œuf a une réaction alcaline. Il est formé par de l'albumine, non à l'état libre, mais maintenue par des membranes transparentes qui l'entourent et la divisent, de telle sorte que la masse albumineuse peut être enlevée en bloc sans se séparer.

Il contient aussi quelques matières grasses, oléine et palmitine, que Lehmann a souvent trouvées cristallisées en fines aiguilles visibles au microscope, des oléates et des palmitates de soude, du sucre de raisin, des matières extractives, des sels inorganiques, du fluor (Nicklès), du carbonate de sodium et de la soude. (Lehmann.)

L'albumine de l'œuf existe à l'état soluble et à l'état coagulé.

On obtient l'albumine soluble en divisant le blanc de l'œuf en fragments, puis en faisant passer la masse à travers une toile fine; on étend l'albumine de son volume d'eau et on la filtre à l'abri de l'air dans une atmosphère d'acide carbonique, quand on veut l'obtenir parfaitement incolore; on évapore ensuite la dissolution au bain-marie à 40° et on la concentre par diffusion, ou dans un bain-marie à la température de 40°.

Caractères de l'albumine de l'œuf. — Les caractères généraux de l'albumine ont été donnés page 193, celle de l'albumine du sérum page 192.

L'albumine de l'œuf diffère de l'albumine du sérum par quelques-unes de ses propriétés; ainsi l'acide acétique très-étendu y fait naître un léger précipité soluble dans le sel marin, ce qui semble indiquer la présence d'une matière de la nature de la myosine; l'acide acétique concentré, l'acide phosphorique ne la précipitent pas; l'acide chlorhydrique en quantité suffisante y produit un précipité peu soluble formé par la combinaison de l'acide et de l'albumine, inso-

luble dans les solutions de chlorure de sodium, soluble dans l'acide chlorhydrique concentré. L'acide azotique donne les mêmes réactions qu'avec l'albumine du sérum, mais l'acide concentré qui dissout facilement cette dernière, a moins d'action sur celle de l'œuf. L'éther la précipite de ses dissolutions aqueuses. Injectée dans les veines, M. Bernard a vu que l'albumine du sérum est absorbée, et l'albumine de l'œuf éliminée par les reins sans transformation. Elle dévie la lumière polarisée de 35,5 pour la lumière jaune. L'albumine de l'œuf se coagule environ à la même température que celle du sérum.

ANALYSE DU BLANC D'ŒUF, PAR LEHMANN.

Eau.	866,84
Éléments solides.	133,16
Albumine.	122,74
Matière extractive.	3,82
Sels inorganiques.	6,60

ANALYSE DES CENDRES DU BLANC D'ŒUF.

Chlorure de sodium.	9,16
— de potassium.	21,92
Soude.	5,12
Potasse.	2,36
Acide phosphorique.	4,83
— carbonique.	11,60
— sulfurique.	1,40
— silicique.	0,49
Oxyde de fer.	0,34
Chaux.	1,74
Magnésie.	1,60
Fluor.	Traces.

Le jaune de l'œuf est enveloppé par une mem-

brane qui paraît être un albuminate de soude. Il renferme de l'eau, de la vitelline, matière qui se rapproche de la myosine par quelques-unes de ses propriétés, des matières grasses, palmitine et oléine, de la lécithine, de la cholestérine, du sucre de raisin, une matière colorante jaune et des sels inorganiques d'une composition presque semblable à celle des globules du sang et où prédominent la potasse et les phosphates.

La *vitelline* paraît identique avec une substance qui se trouve dans le cristallin (globuline?). On l'obtient en agitant le jaune d'œuf avec de l'éther tant que la dissolution se colore en jaune; on dissout le résidu dans une solution concentrée de chlorure de sodium, on filtre et on la précipite en ajoutant de l'eau en excès. La vitelline se précipite de ses dissolutions dans le chlorure de sodium par addition d'eau, plus facilement que la myosine, qui jouit de la même propriété. Elle ne se précipite pas de ses dissolutions dans le sel marin par un excès de ce même sel comme le fait la myosine. Elle se dissout dans l'eau qui contient $\frac{1}{1000}$ d'acide chlorhydrique. Elle se change en albuminate sous l'influence des alcalis concentrés. Elle est précipitée de ses dissolutions par l'alcool, et le précipité est insoluble dans un excès.

Lécithines. — Les propriétés et la manière d'obtenir les lécithines du jaune d'œuf ont été données page 307

ANALYSE DU JAUNE D'ŒUF, PAR M. GOBLEY.

Eau	514,86
Éléments solides	485,14
Vitelline	157,60
Palmitine et oléine	213,04
Cholestérine	4,38
Graisse phosphorée	84,26
Lécithine } Cérébrine }	3,00
Matière extractive	4,00
Pigment	5,53
Chlorure d'ammonium	0,34
Chlorures de sodium et de potassium } Sulfates et phosphates alcalins }	2,77
Phosphates terreux	10,22

CENDRES DU JAUNE D'ŒUF.

Acide phosphorique	67,80
Potasse	8,93
Soude	6,99
Chaux	12,21
Magnésie	2,07
Oxyde de fer	1,45
Silice	0,55

Les autres substances solubles dans l'éther sont la cholestérine, la lécithine, la lutéine, l'oléine et la palmitine, l'acide phosphoglycérique, l'acide cérébrique et les produits de décomposition de la lécithine. Parmi les substances insolubles dans l'éther et solubles dans l'alcool, on doit surtout mentionner le sucre de raisin et la matière amylacée qui, d'après M. Dareste, s'obtient en épuisant le jaune d'œuf par l'éther, puis en traitant le résidu par l'eau et en précipitant par l'acide acétique. La matière amylacée ainsi préparée se colore en bleu par l'iode et se

transforme en glucose par l'action de l'acide sulfurique.

Proust, MM. Prevost et Dumas ont étudié les changements que l'œuf subit pendant l'incubation. MM. Baudrimont et Martin Saint-Ange ont montré que l'œuf respire à l'air, absorbe de l'oxygène, dégage de l'acide carbonique, de l'eau, de l'azote, et que la perte du poids qu'il éprouve pendant l'incubation est plus petite que le poids du gaz qni se dégage. La proportion d'oxygène absorbé est en rapport avec celle de l'acide carbonique exhalé; et celle de l'azote environ la moitié de celle de ce dernier gaz.

	DU 9ᵉ AU 12ᵉ JOUR DE L'INCUBATION.	DU 16ᵉ AU 19ᵉ JOUR DE L'INCUBATION.
Perte de poids.	26,26	41,72
Absorption d'oxygène.	5,74	10,70
Acide carbonique exhalé.	4,55	11,92
Eau exhalée.	2,88	3,66
Proportion entre l'oxygène absorbé et l'oxygène de l'acide carbonique.	100 : 54,9	100 : 81,0

Parke analysa les jaunes d'œuf aux diverses époques de l'incubation par le procédé suivant : on les agite avec de l'éther et on répète ce traitement jusqu'à ce que le dissolvant passe incolore ; puis après avoir traité le résidu à 45 ou 50° par l'alcool, l'avoir filtré et lavé avec de l'eau, on évapore à sec la partie insoluble, on la calcine, et on détermine le poids des cendres.

Le résidu du traitement par l'alcool et l'éther est ensuite séché dans le vide, puis abandonné au froid avec une solution alcoolique d'alcali jusqu'à la saponification complète des matières grasses et la décomposition de la lécithine; le résidu savonneux est dissous dans l'eau, et la cholestérine enlevée par l'éther; la solution aqueuse saturée avec l'acide chlorhydrique pour décomposer les savons, est agitée avec de l'éther qui enlève les acides gras. Après l'évaporation de l'éther, le résidu est séché sous la machine pneumatique; ce résidu contient l'acide phosphorique qui provient de la décomposition de la lécithine; on le dose à l'état de pyrophosphate de magnésium.

L'extrait du résidu alcoolique, après la saponification par la solution alcoolique, est dissous dans un peu d'eau, saturé avec l'acide chlorhydrique; les acides gras sont séparés directement par filtration. L'acide phosphorique restant dans la solution aqueuse est déterminé comme dans l'extrait éthéré. Parke obtient ainsi les chiffres suivants :

	JAUNES DE TROIS ŒUFS FRAIS.	JAUNES DE DEUX ŒUFS, AU 10e JOUR DE L'INCUBATION.	JAUNES DE DEUX ŒUFS, AU 17e JOUR DE L'INCUBATION.
Jaune entier.	43,5570	35,9400	22,3705
Extrait éthéré.	13,3594	8,5611	7,9230
Cholestérine.	0,7450	0,4603	0,3269
Acides gras.	11,0452	7,0300	6,6023
Protagon.	7,4144	4,8552	4,0225
Extrait alcoolique. . .	2,0541	1,4517	1,0104
Acides gras.	1,2554	0,8491	0,6146
Protagon.	4,3690	2,8821	2,0944
Sels solubles.	0,1503	0,1032	0,962
Éléments albuminoïdes.	6,6504	5,1037	3,1188
Sels insolubles.	0,2604	0,2242	0,2033
OU POUR CENT :			
Extrait éthéré.	31,391	23,542	35,417
Cholestérine.	1,750	1,281	1,461
Acides gras.	25,953	19,560	29,513
Protagon.	17,422	13,509	17,981
Extrait alcoolique. . . .	4,826	4,039	4,516
Acides gras.	2,949	2,332	2,746
Protagon.	10,031	8,019	9,362
Sels solubles.	0,353	0,287	0,430
Éléments albuminoïdes.	15,626	14,201	13,942
Sels insolubles.	0,612	0,625	0,908
Somme des éléments solides.	52,808	42,692	53,213

MAMELLES

Les mamelles sont deux glandes en grappes composées, rudimentaires chez l'homme, très-développées, au contraire, chez la femme, et qui, après l'accouchement, sécrètent le lait.

Elles sont formées de lobes, divisés en lobules con-

stitués eux-mêmes par des vésicules glandulaires de $0^{mm},1$ à $0^{mm},15$ de largeur. Les canalicules excréteurs se réunissent pour former les canaux galactophores, au nombre de dix ou de douze, qui, après s'être renflés en produisant les sinus lactifères, s'ouvrent dans le mamelon par un orifice de $0^{mm},6$ à $0^{mm},4$ de largeur.

En dehors de la lactation et de la grossesse, la mamelle ne contient qu'une petite quantité d'un mucus jaunâtre avec un certain nombre de cellules épithéliales; elle est tapissée intérieurement d'épithélium pavimenteux. Après la conception, les cellules des vésicules glandulaires se remplissent de graisse. Celles qui se produisent à la fin de la grossesse repoussent les anciennes, qui s'altèrent, et forment des globules graisseux. Lorsque, après l'accouchement, la lactation commence, les liquides accumulés jusque-là dans les canaux et les vésicules glandulaires sont chassés au dehors sous le nom de colostrum, dans l'espace de trois à quatre jours, pour être remplacés par du lait véritable.

COLOSTRUM

Pendant la grossesse, et surtout à la fin de la gestation, la glande mammaire sécrète un liquide lactescent, différent du lait, appelé colostrum.

Il se présente sous l'apparence d'un liquide visqueux ou mucilagineux, filant, jaunâtre, assez consistant, de réaction alcaline, qui se sépare, par le repos, en deux couches. L'inférieure renferme la caséine, la lactose,

les sels inorganiques; la supérieure forme la crème. Cette crème est constituée par des globules de beurre agglomérés par une substance visqueuse, et par des corps d'une nature particulière nommés globules du colostrum.

Ces globules, de $0^{mm},1$ à $0^{mm},05$, sont jaunâtres, de forme peu régulière. Ils diminuent après l'accouchement et disparaissent complétement vers le huitième jour. M. Robin les considère comme produits par la transformation de leucocytes nés à la superficie des conduits galactophores. On en trouve depuis le degré où ils ne renferment encore que quelques petites granulations graisseuses jusqu'à celui où ils offrent l'état granuleux le plus avancé et sont devenus opaques, jaunâtres. En se rétractant, ces leucocytes entraînent souvent un ou deux globules butyreux.

La substance visqueuse est formée de mucine qui unit les globules.

La densité du colostrum est de 1040 à 1060, supérieure, par conséquent, à celle du lait. Il contient de l'albumine libre et se coagule par la chaleur. Selon Clemm, la caséine n'apparaît qu'après l'accouchement, et dès le second jour l'albumine disparaît et renferme plus de beurre, de lactose et de sels inorganiques que le lait.

LAIT

Le lait, produit de la sécrétion de la glande mammaire, est un liquide blanc, opalescent, présentant une légère coloration jaune sous une grande épaisseur, et

un reflet bleuâtre dans les couches minces. Son opalescence résulte du manque d'homogénéité de ce liquide, composé d'une solution aqueuse translucide, tenant en suspension les matières grasses à l'état de globules transparents, mais beaucoup plus réfringents que le liquide dans lequel ils nagent. Sa saveur est douce et légèrement sucrée. Son odeur est particulière; la matière odorante peut être isolée par le sulfure de carbone; elle rappelle celle de l'animal qui a fourni le lait, et quelquefois celle des aliments dont il s'est nourri.

Son poids spécifique, à 15°, oscille chez la vache de 1,029 à 1,033, et est en moyenne de 1,032 chez la femme.

L'examen microscopique montre que le lait est un des liquides où se trouve le moins d'éléments anatomiques. Il ne contient aucune cellule épithéliale, ni de la glande, ni des canaux galactophores, mais seulement quelques rares leucocytes. Il renferme une multitude de globules transparents, jaune pâle, dont la grosseur varie de $0^{mm},001$ à $0^{mm},020$. Ces globules, très-différents des éléments anatomiques proprement dits, sont formés de matières grasses; ils n'ont pas d'enveloppe appréciable à l'œil de l'observateur, quoique certains caractères semblent prouver son existence; les globules, en effet, glissent les uns sur les autres sans se toucher; ils résistent en présence des dissolvants ordinaires des corps gras; ainsi, agités avec l'éther, une petite quantité de la matière grasse se dissout seule, et les globules restent inaltérés. Mais si on agite

auparavant le lait avec une solution faible de potasse ou de soude, l'enveloppe extérieure se détruit, et la matière grasse entre en dissolution dans l'éther. Ces observations semblent indiquer que les globules du lait sont entourés d'une membrane de nature albuminoïde semblable à la caséine.

M. Robin[1] pense que les globules du lait n'ont pas d'enveloppe, qu'ils s'entourent seulement d'une couche mince formée par la combinaison savonneuse des corps gras avec les sels basiques, entraînant des traces de matières albuminoïdes ; ce que prouve la teinte jaune, légère et seulement superficielle, que prennent les globules sous l'influence de la teinture d'iode.

Abandonné à lui-même dans un lieu frais, le lait se sépare en deux couches. La couche supérieure, produite par la réunion des globules de matières grasses, qui s'élèvent en vertu de leur moindre densité, forme la crème ; la couche inférieure, qui contient toutes les parties solubles, renferme encore une grande quantité de matières grasses et se nomme lait écrémé.

Le lait a une réaction faiblement alcaline. Au contact de l'air, il ne tarde pas à devenir acide par suite de la décomposition de la lactose, qui se transforme en acide lactique, et à se coaguler quand la proportion d'acide devient assez considérable. Lorsque la température s'élève, ces transformations s'accélèrent considérablement.

Les substances qui entrent dans la composition du

[1] Robin, *Leçons sur les humeurs*, p. 392.

lait sont des matières grasses, des matières albuminoïdes, de la lactose ou sucre de lait, de l'eau et des sels.

Les matières grasses contenues dans le lait forment le beurre. On l'obtient par le barattage, et le liquide dans lequel il nage, porte le nom de lait de beurre. La quantité de beurre contenue dans 100 parties de lait varie avec l'espèce animale. Elle est, d'après Doyère : chez la jument, 0,55 ; l'ânesse, 1,50 ; la vache, 3,20 ; la femme, 3,80 ; la chèvre, 4,40 ; la brebis, 7,50. La moyenne des analyses donne chez la vache 3,0 à 3,50 ; chez la femme 2,42. Le lait est d'ailleurs beaucoup plus riche en beurre à la fin de la traite qu'au commencement. M. Reiset a donné le tableau suivant pour la quantité de beurre renfermée dans 100 parties de lait :

VACHE.		FEMME.	
Avant la traite.	Après la traite.	Avant de donner le sein.	Après avoir donné le sein.
—	—	—	—
5,9	10,5	2,0	1,9
1,8	6,6	3,5	4,1
1,2	11,2	3,9	7,4
2,2	8,8	3,3	7,0

Le barattage s'effectue avec le lait ou préférablement avec la crème, qui donne un rendement plus considérable. On place la crème dans une baratte et on la remue avec un agitateur élevé et abaissé verticalement ou avec des ailes tournantes mises en mouvement par une manivelle. Le nombre des secousses ou des tours ne doit pas dépasser 30 à 40 par minute. Le beurre se prend en masse après un temps qui varie

avec la température, plus rapidement en été, plus lentement en hiver ; la meilleure est de 14°. On fait ensuite écouler le lait de beurre, et on lave avec de l'eau tant qu'elle coule opalescente. 25 à 28 litres de lait donnent environ 1 kilogramme de beurre.

Le beurre fond, à 60°, en un liquide huileux plus léger que l'eau. Il se dissout dans l'alcool et l'éther, et donne des liqueurs opalescentes. Il contient, d'après les analyses de M. Chevreul, de la glycérine combinée aux acides stéarique, margarique, oléique, butyrique, caprique, caprylique et caproïque. Heintz le regarde comme remfermant de l'oléine, beaucoup de palmitine, peu de stéarine, de la butyrine et de la myristine.

Suivant son mode de préparation, on trouve dans le beurre une proportion de caséine qui peut être nulle ou s'élever jusqu'à 18 pour 100. Sous l'influence de l'air et par l'action du temps, la caséine s'altère; elle agit alors comme ferment, et le beurre rancit, c'est-à-dire qu'il se produit de l'acroléine, de l'acide formique, tandis que les acides qui existent normalement se transforment en acides gras volatils. On obvie à cet inconvénient par la fusion du beurre au bain-marie ; les matières grasses, plus légères, montent à la surface et peuvent être facilement séparées des produits étrangers, de l'eau et de la caséine, qui restent au fond des vases. On peut aussi empêcher la décomposition des matières grasses en imprégnant le beurre avec une proportion suffisante de sel marin, 50 à 80 grammes par kilogramme.

Matières albuminoïdes. — Les matières albuminoïdes du lait sont la caséine, l'albumine proprement dite, et la lacto-protéine.

Caséine. — La caséine se rencontre presque exclusivement dans le lait des carnivores. Elle s'y trouve, selon MM. Millon et Commaille, à l'état soluble et à l'état insoluble. Pour les séparer, l'une de l'autre, on étend le lait de 4 volumes d'eau et on jette sur un filtre. Celui-ci retient, sous forme de crème, une masse de globules auxquels des dissolvants appropriés (alcool, éther, sulfure de carbone) enlèvent les matières grasses et laissent pour résidu la caséine insoluble, tandis que la caséine soluble passe dans le premier liquide filtré.

La présence de la caséine dans le sang, le liquide musculaire, le suc du thymus, le jaune d'œuf, est encore incertaine. Sous le nom de caséine végétale, on a signalé une substance qui existe dans les pois, les haricots, les lentilles, et qu'on obtient avec de l'eau en passant le liquide et en le précipitant par l'acide acétique. Le produit obtenu est redissous dans la potasse et précipité de nouveau par l'acide acétique.

Propriété de la caséine. — La caséine a la composition des albuminates de soude, mais s'en distingue par quelques caractères.

La caséine, dissoute dans la potasse, produit des sulfures, et le liquide, précipité par un acide, dégage de l'acide sulfhydrique et se prend en une masse solide, la protéine de Mulder, laquelle, dissoute de nouveau

dans une solution de soude, présente encore les propriétés de la caséine.

Les albuminates, dans les mêmes conditions, ne donnent pas naissance à des sulfures.

La caséine se distingue surtout des albuminates artificiels par son action sur la lumière polarisée. Tandis que l'albuminate qui provient de l'albumine du sérum dévie de — 86° le plan de polarisation, d'après Hoppe Seyler, l'albuminate fourni par l'albumine de l'œuf ne le dévie que de — 46, et la caséine proprement dite en solution alcaline le fait tourner de — 91.

Les autres réactions des albuminates se confondent avec celle de la caséine.

On obtient la caséine par plusieurs méthodes. On précipite le lait par du sulfate de magnésie ; on lave le précipité avec de l'eau chargée de ce même sel, on le redissout dans l'eau, on le passe sur un filtre pour enlever la graisse, et enfin on précipite le liquide clair par l'acide acétique étendu.

Un autre procédé consiste à coaguler le lait par un acide, acétique, chlorhydrique, sulfurique étendu. On comprime le précipité, on redissout dans une solution de carbonate de soude ou de soude faible ; on abandonne le liquide à une température de 20°, pour que le beurre se sépare complétement ; on précipite la solution par l'acide acétique, et on lave la masse obtenue avec de l'alcool et de l'éther, pour enlever le reste des matières grasses.

On peut encore traiter directement le lait par une solution de soude ; les matières butyreuses montent à

la surface, et on précipite le liquide décanté par un acide; on épuise ensuite le coagulum par l'alcool et l'éther.

Albuminate de soude, caséine artificielle, protéine de Mulder. — Pour préparer l'albuminate de soude, on étend le blanc d'œuf de son volume d'eau, et, après avoir filtré le liquide obtenu, on l'évapore à 46° au plus dans des vases plats, et on le réduit à la moitié de son volume. Après le refroidissement, on ajoute goutte à goutte une solution concentrée de soude caustique, et on obtient une masse solide que l'on brise en fragments et que l'on lave à l'eau distillée, jusqu'à disparition de toute réaction alcaline. On dissout alors l'albuminate dans l'eau et on précipite la dissolution claire par l'acide acétique.

La caséine se comporte comme une base et forme avec les acides des combinaisons définies. Pour les préparer on dissout la caséine dans une solution faible de soude caustique, et on fait tomber cette dissolution dans l'acide, préalablement étendu, auquel la caséine doit se combiner. Le coagulum est alors exprimé, lavé à l'eau, l'alcool, l'éther, redissout dans la soude, précipité une seconde fois par l'acide, puis lavé.

Les combinaisons ainsi obtenues sont insolubles et se précipitent sous forme de coagulum, soluble dans un excès d'acide, surtout les acides citrique et tartrique. L'acide cyanhydrique et le tannin ne coagulent pas la solution alcaline de caséine. L'acide combiné n'obéit plus aux lois du double échange; cependant

les acides libres, en agissant sur les combinaisons acides de la caséine, déplacent l'acide combiné.

La caséine et les albuminates jouent le rôle d'acide et s'unissent aux bases. D'après Liberkuhn, la caséine a pour formule $C^{36}H^{57}Az^{9}O^{11,5}S^{0,5}$ et les albuminates $C^{36}H^{56}R'Az^{9}O^{11,5}S^{0,5}$, R′ étant de l'argent de plomb, du baryum, du potassium. MM. Millon et Commaille attribuent à la caséine la formule $C^{54}H^{97}Az^{14}O^{10} = Cas.$

Un mélange de caséine et de magnésie agitées avec de l'eau et versé une demi-heure après dans de l'alcool concentré donne un précipité de caséine magnésienne. $Cas. MgO + 2H^{2}O$. On connaît également des combinaisons de caséine avec la chaux et l'oxyde de cuivre, la baryte et l'oxyde de cuivre, la potasse ou la soude et l'oxyde de cuivre, l'oxyde de zinc et la potasse. On les obtient en dissolvant un oxyde de cuivre hydraté dans une solution alcaline de caséine et précipitant par l'alcool.

La caséine et les albuminates forment des masses blanc jaunâtre, insolubles dans l'eau qui les gonfle. Desséchés, ils se dissolvent difficilement dans l'acide acétique, mais avec facilité dans les alcalis caustiques. Encore humides et récemment préparés ils se dissolvent dans les solutions alcalines les plus faibles, les carbonates, les borates, les phosphates alcalins. Les solutions alcalines ont les caractères de la caséine, elles sont neutres, solubles dans l'eau et dans l'alcool; elles donnent avec l'alcool froid un précipité qui se dissout dans le même dissolvant par l'action de la chaleur; elles précipitent par l'action d'un grand nombre de

sels ; elles se troublent à froid, par un excès de sulfate de magnésium, de chlorure de calcium ; à chaud, par une très-faible quantité de ces mêmes solutions salines, et la caséine qui se dépose se redissout facilement dans l'eau pure ; elles précipitent, par l'acétate neutre et l'acétate basique de plomb, le sulfate de cuivre, le proto-azotate de mercure, le bichlorure de mercure ; ce dernier précipité est soluble dans l'acide acétique et dans l'alcool. En l'absence des phosphates alcalins ces solutions précipitent par l'acide acétique ; elles se troublent par l'acide carbonique, d'autant plus facilement que les solutions sont plus concentrées et moins alcalines. Dans les mêmes circonstances les albuminates alcalins sont complétement précipités par l'acide carbonique quand les solutions sont neutres, incomplétement quand elles sont acides. En présence des phosphates alcalins, les solutions de caséine ne précipitent ni par l'acide carbonique, ni par l'acide acétique, même quand la quantité d'acide est suffisante pour donner au liquide une réaction nettement acide. Mais en ajoutant suffisamment d'acide acétique, on arrive à un point où l'acide carbonique à froid, aussi bien que l'addition d'une quantité très-faible d'acide acétique précipite toute la caséine. Les acides lactique et phosphorique se comportent comme l'acide acétique. On comprend donc que le lait qui renferme toujours des phosphates alcalins puisse prendre quelquefois une réaction acide sans se coaguler ; mais lorsque, par suite de la fermentation de la lactose, l'acide lactique se trouve en quantité suffisante dans le lait, la

caséine se précipite sous forme d'une masse blanche caillebotée qui entraîne avec elle la plus grande partie des globules du beurre.

Le précipité que forme l'acide acétique dans les albuminates alcalins est soluble dans un excès de ce même acide. Ces solutions acides précipitent de nouveau par l'addition d'un alcali ou par un excès d'acide minéral.

Les solutions alcalines de caséine ne se coagulent pas par la chaleur, mais se couvrent de pellicules à mesure que l'évaporation s'accomplit. Cette propriété, regardée autrefois comme exclusive à cette substance, se produit également avec les solutions d'albuminates alcalins.

Une des réactions les plus remarquables de la caséine est de se coaguler par l'action de la *présure*, substance que l'on extrait de la caillette du veau et des jeunes ruminants, et qui est formée par un mélange de lait coagulé et de suc gastrique. Un gramme de présure peut coaguler 30 litres de lait. Elle sert à la fabrication des fromages et doit son action à la pepsine qu'elle renferme. Le lait de vache contient de 4 à 5 pour 100 de caséine, celui de femme de 3 à 4 pour 100.

L'albumine qui se trouve dans le lait n'est pas en quantité suffisante pour le troubler d'une manière sensible pendant l'ébullition. Pour en constater la présence, on coagule la caséine par l'acide acétique ; on reconnaît alors que le liquide filtré se trouble par l'ébullition, et se coagule lorsqu'on ajoute de l'acide azotique.

La caséine, d'après Blondeau, peut se transformer en matières grasses. M. Brassier a contesté l'exactitude de ce fait, il soutient que les matières grasses du fromage, abandonnées à elles-mêmes, diminuent au fur et à mesure que le fromage vieillit. Depuis, Kemmerich a reconnu que la transformation de la caséine en matière grasse a lieu réellement. Elle se produit toutes les fois que le fromage réuni en masse est abandonné à l'abri de l'air. Mais les matières grasses se détruisent elles-mêmes et diminuent quand le fromage est étendu en couches minces dans une atmosphère renouvelée.

Lactoprotéine. — Suivant MM. Millon et Commaille, on trouve encore dans le lait la lactoprotéine, qui ne se coagule ni par la chaleur, ni par l'acide azotique, ni par le chlorure mercurique, mais qui se précipite par l'azotate mercurique acide.

Lactose ou sucre de lait. $C^{12}H^{22}O^{11} + H^{2}O$. — La lactose n'a encore été trouvée que dans le lait de la femme et des mammifères.

On la prépare en coagulant la caséine du lait écrémé par de l'acide acétique ou par de la présure. On filtre dans un tissu de laine, on porte à l'ébullition pour coaguler l'albumine, puis on évapore le petit-lait en consistance sirupeuse et on abandonne dans un ieu froi . On purifie les cristaux de lactose en les aisant cristalliser après les avoir traités par le charbon animal.

Le sucre de lait cristallise dans le système du prisme rhomboïdal droit. Les cristaux sont incolores, durs, d'un goût faiblement sucré. Ils contiennent un atome

d'eau qu'ils perdent à 120°. Ils ont la formule du sucre de canne plus une molécule d'eau $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$. Ils se dissolvent dans 6 parties d'eau chaude et dans 2 parties d'eau bouillante, et sont insolubles dans l'alcool et dans l'éther.

Ils dévient la lumière polarisée vers la droite de 59,3. Le pouvoir rotatoire est plus considérable dans les premiers moments de la dissolution, mais après un repos suffisant, ou plus rapidement sous l'influence de la chaleur, il se fixe d'une manière constante à 59,3.

Le sucre de lait bouilli pendant longtemps avec de l'eau, quelques instants seulement avec l'acide sulfurique étendu, se transforme en un sucre particulier, la galactose $C^6H^{12}O^6$, qui cristallise en petits mamelons formés par des aiguilles microscopiques, réduit directement la liqueur cupro-potassique et fermente sous l'influence de la levûre de bière.

La lactose ne fermente pas d'abord avec la levûre de bière ; la fermentation ne se produit qu'après un temps prolongé, et sous l'influence d'un grand excès de levure. Abandonnée avec du fromage, une dissolution de sucre de lait éprouve rapidement la fermentation lactique, puis, quand la liqueur est devenue acide, elle subit une autre fermentation avec production de mannite et d'alcool.

Le sucre de lait réduit la dissolution cupro-potassique moins énergiquement que la glucose, en sous-oxyde de cuivre qui se dépose ; il réduit également les sels d'argent et de bismuth. Avec l'acide azotique,

il donne de l'acide mucique, de l'acide tartrique, saccharique et oxalique; avec l'acide azotique très-concentré, de la nitrolactose, et finalement de l'acide formique.

Il est complétement précipité de ses solutions aqueuses par l'acétate basique de plomb et l'ammoniaque. Il ne l'est pas par l'acétate neutre, même à l'ébullition.

Pour reconnaître la présence de la lactose, on coagule d'abord la matière albuminoïde par l'ébullition, après avoir acidulé avec de l'acide acétique; on évapore le liquide filtré au bain-marie, en consistance de sirop, et on abandonne à la cristallisation dans un lieu frais.

Eau. — Le poids des matériaux solides contenus dans le lait donne par différence la proportion d'eau. Il varie, chez la femme, de 10,09 à 16,77 pour 100; il est en moyenne de 12,127; l'eau, par suite, est de 87,873 pour 100. Chez la vache, il oscille entre 2,66 et 11,64 pour 100; en moyenne, matériaux solides, 13,215; eau, 86,785 pour 100.

Matières minérales. — *Sels.* — Les sels inorganiques du lait sont des phosphates alcalins, de calcium, de magnésium, du chlorure de sodium et de potassium. Dans les cendres, on trouve du carbonate de sodium, des traces de fer, de fluor et de silice.

Gaz. — Le lait contient aussi des gaz en dissolution. Hoppe a donné les chiffres suivants : acide carbonique, 16,55; azote, 12,66; oxygène, 1,2.

Acide lactique. — L'acide lactique a été découvert par Scheele dans le lait aigri ; il se présente dans l'organisme sous deux formes métamères : l'un, acide lactique ordinaire, se rencontre dans l'estomac et l'intestin, parmi les produits de la digestion, dans le lait, par la transformation du sucre de lait, et comme résultat de la fermentation de la glucose diabétique; l'autre, acide lactique des muscles ou sarkolactique, existe dans la chair musculaire de l'homme et des vertébrés, dans le foie des bœufs. La rate, le thymus, la thyroïde, le pancréas, les poumons, le cerveau, la sueur dans la fièvre puerpérale, les os dans l'ostéomalacie renferment aussi de l'acide lactique, mais la variété n'en est pas encore bien déterminée. Les caractères de l'acide sarkolactique ont été donnés page 343.

On prépare l'acide lactique en dissolvant la lactose dans du petit-lait et en abandonnant le mélange à lui-même à une température de 30° environ; il ne tarde pas à se développer dans la dissolution du ferment lactique, et le lait s'aigrit rapidement. La fermentation s'arrête bientôt en présence de l'acide qui se forme; elle continue si on sature de temps à autre l'acide libre avec du bicarbonate de sodium.

On obtient plus facilement l'acide lactique en dissolvant 3 kilogrammes de sucre de canne dans 13 kilogrammes d'eau bouillante, et on ajoute 13 grammes d'acide tartrique ; après avoir abandonné la solution pendant quelques jours, on y ajoute 4 kilogrammes de lait aigri dans lequel on a délayé 100 gram-

mes de vieux fromage et 1^k,5 de craie pulvérisée. On abandonne ce mélange pendant huit jours à la température de 30 à 35° en agitant fréquemment; au bout de ce temps, il s'est pris en une masse de lactate de chaux. Après avoir délayé cette masse dans 10 kilogrammes d'eau, à laquelle on ajoute 15 grammes de chaux, on porte à l'ébullition, on filtre, on évapore le liquide filtré jusqu'à consistance sirupeuse. Au bout de quelques jours, le lactate s'est déposé; on lave, puis on dissout le lactate de chaux dans le double de son poids d'eau bouillante, et on décompose la solution par l'acide sulfurique en prenant 250 grammes d'acide sulfurique concentré par kilogramme de lactate de chaux comprimé; on filtre, puis on fait bouillir la dissolution avec de l'hydrocarbonate de zinc; on filtre, et, par le refroidissement, le lactate de zinc cristallise; on le lave avec une petite quantité d'eau froide, et on obtient l'acide libre en le dissolvant dans l'eau et y faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré; on évapore au bain-marie la solution filtrée.

L'acide lactique se produit par synthèse dans diverses réactions. M. Wurtz le prépare par l'oxydation du propylglycol; on l'obtient également en faisant réagir l'acide chloro-propionique sur l'oxyde d'argent humide ou en décomposant une solution d'alanine par un courant d'acide azoteux. On prépare l'acide sarkolactique en décomposant la cyanhydrine du glycol par une solution alcoolique de potasse.

Les deux acides lactiques présentent les mêmes

caractères et n'offrent de différences que dans leurs combinaisons.

Sous ces deux modifications, l'acide lactique forme un liquide sirupeux, incolore, d'une densité de 1,31 à 20°. Sa réaction et sa saveur sont fortement acides; il ne solidifie pas à—20°; chauffé 130° ou 140°, l'acide lactique $\left.\begin{matrix} C^3H^4O \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^2$ perd une molécule d'eau et se transforme, d'après Pelouze, en acide lactique anhydre ou dilactique $\left.\begin{matrix} C^3H^4O \\ C^3H^4O \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^3$. A 200°, il perd une deuxième molécule d'eau et forme la lactide $C^3H^4O''O$. L'acide dilactique et la lactide, sous l'influence des alcalis, reproduisent l'acide lactique ou ordinaire. L'acide sarkolactique, chauffé à 140°, ne reproduit plus que l'acide lactique ordinaire.

L'acide lactique est biatomique et se comporte dans la plupart de ses combinaisons comme un acide monobasique. Les lactates sont neutres, solubles dans l'eau et dans l'alcool.

Le lactate de chaux cristallise en mamelons formés par de petites aiguilles groupées autour d'un centre commun; il se dissout dans 9,5 d'eau froide; il subit la fermentation butyrique quand on le mélange avec de l'eau et du fromage et qu'on abandonne le tout à une température de 40°; on obtient comme produit final de l'hydrogène qui se dégage et du butyrate de chaux.

Le lactate de zinc se dissout dans 58 parties d'eau

froide. C'est le plus insoluble des lactates ; il cristallise facilement ; aussi est-il employé pour la purification de l'acide lactique.

Analyse du lait. — On peut facilement, séparer les éléments albuminoïdes du lait étendu d'eau, en opérant de la manière suivante. On ajoute à 20^{cc} de lait une quantité d'eau suffisante pour amener son volume à 400^{cc}. On verse par gouttes en agitant constamment de l'acide acétique très-étendu jusqu'à ce qu'un précipité floconneux commence à se former ; on fait alors passer dans le liquide, pendant un quart d'heure ou une demi-heure, un courant d'acide carbonique, et on laisse reposer pendant quelques heures. La caséine se précipite avec le beurre sous forme d'une masse caillebottée ; le liquide devient clair et peut être facilement filtré. On rassemble le précipité sur un filtre pesé, on le lave, on sèche le filtre à 110°, on le laisse refroidir sur l'acide sulfurique et on le pèse. Le chiffre trouvé, multiplié par 5, donne le poids pour cent en matières grasses et en caséine. On les sépare en épuisant le mélange avec de l'éther. Le résidu insoluble, desséché à 110°, fournit la caséine. L'éther évaporé à sec, et abandonné pendant plusieurs heures sur l'acide sulfurique, laisse les matières grasses. Le liquide clair est porté à l'ébullition ; l'albumine se coagule, peut facilement être recueillie sur un filtre, pesée, lavée, séchée à 110° et pesée.

On mesure exactement le volume du liquide dont on a séparé l'albumine, on l'introduit dans une pi-

pette graduée et on détermine combien il faut de centimètres cubes de ce liquide pour réduire complétement à l'ébullition 20^{cc} de liqueur de Fehling étendue de quatre fois son volume d'eau. On sait que 0,134 92 de sucre de lait sont nécessaires pour réduire 20^{cc} de liqueur de Fehling; la quantité de lait privé d'albumine qu'il a fallu employer contient la même quantité de sucre de lait. On peut donc, par une simple proportion, déterminer la quantité de lactose qui se trouvait dans tout le lait.

Tolmatscheff, de Kasan, trouve avantageux de remplacer dans l'analyse du lait de femme l'acide acétique qui ne donne qu'un précipité incertain par l'alcool, mais il obtient par cette méthode un mélange de caséine et d'albumine.

Dosage des matières grasses du lait. — On peut doser directement le poids de matières grasses contenues dans le lait en ajoutant à 20^{cc} de ce produit une dissolution faible de soude ou de potasse et en épuisant par l'éther.

Méthode de Hardlen pour l'analyse du lait. — On passe beaucoup d'eau sur du sulfate de calcium légèrement calciné, on le sèche à une température qui ne doit pas dépasser 105 ou 110°. A 15^{cc} ou 20^{cc} de lait mis dans une capsule pesée, on ajoute de 1 à 3 grammes de sulfate de calcium pesé exactement. On porte à l'ébullition, on évapore à sec au bain-marie ou dans une étuve à 105°. Le poids du résidu, moins le poids du sulfate de calcium, donne le poids du résidu sec.

On épuise le résidu sec par l'éther, on le passe sur un filtre pesé et on renouvelle le traitement tant que l'éther dissout des matières grasses ; on sèche la capsule, la poudre et le filtre et on les pèse. On épuise par l'alcool et on passe sur le même filtre pesé qui avait servi pour l'éther; on sèche et on pèse de nouveau la capsule, la poudre et le filtre.

L'extrait éthéré et l'extrait alcoolique sont évaporés à sec dans une étuve à 110°. On reprend le résidu alcoolique avec un peu d'eau, on l'introduit dans un creuset de porcelaine pesé, on calcine et on pèse les cendres.

Le lait mêlé au sulfate de calcium est pesé après le traitement par l'éther et après le traitement par l'alcool ; la différence des poids donne celui des substances dissoutes par l'éther et par l'alcool, ce qui donne un contrôle avec les chiffres trouvés directement. L'extrait éthéré contient les matières grasses du lait ; l'extrait alcoolique, les sels solubles dans l'alcool et le sucre de lait. On calcine l'extrait alcoolique : le poids des cendres retiré du poids de l'extrait fournit le poids du sucre de lait.

On détermine dans une autre opération le poids des sels que contient une autre portion de lait. En soustrayant de ce poids celui des sels solubles dans l'alcool, on détermine le poids des sels qui se trouvent avec l'albumine, la caséine et le sulfate de calcium dans la partie du lait restée insoluble dans l'éther et l'alcool, et, en soustrayant le poids des sels, il reste celui de la caséine plus l'albumine.

Sans recourir à l'analyse complète, on peut parvenir à doser assez rapidement les principaux éléments du lait. On y arrive par la détermination de la densité à l'aide du lacto-densimètre de Quevenne, par le dosage des matières grasses au moyen du lacto-butyromètre de Marchand ou du lactoscope de Donné, et le dosage de la lactose par la liqueur de Fehling ou à l'aide du saccharimètre.

TABLE DES MATIÈRES

INDEX ALPHABÉTIQUE

A

B

G

H

I

K

L

M

ERRATA

Page 35, ligne 23. *Au lieu de :* triacétique, *lire :* triacétine.

Page 104, ligne 1. *Au lieu de :* $C^2H^5AzO^4$, *lire :* $C^2H^5AzO^2$.

Page 105, ligne 16. *Au lieu de :* $\left.\begin{matrix}2O^2H^2(AzH^2)O \\ H\end{matrix}\right\}O$,

lire : $2\left[\left.\begin{matrix}C^2H^2(AzH^2)O \\ H\end{matrix}\right\}O\right]$.

Page 106, ligne 1. *Au lieu de :* glycocole, *lire :* le glycocolle.

Page 106, ligne 2. *Au lieu de :* l'acide glycolamidique $\left.\begin{matrix}2C^2H^2O.OH \\ H^2\end{matrix}\right\}Az$,

lire : l'acide diglycolamidique $\left.\begin{matrix}2C^2H^2O.OH \\ H\end{matrix}\right\}Az$.

Page 106, ligne 28. *Au lieu de :* $P^2H^4AqAzO^2$, *lire :* $C^2H^4AgAzO^2$.

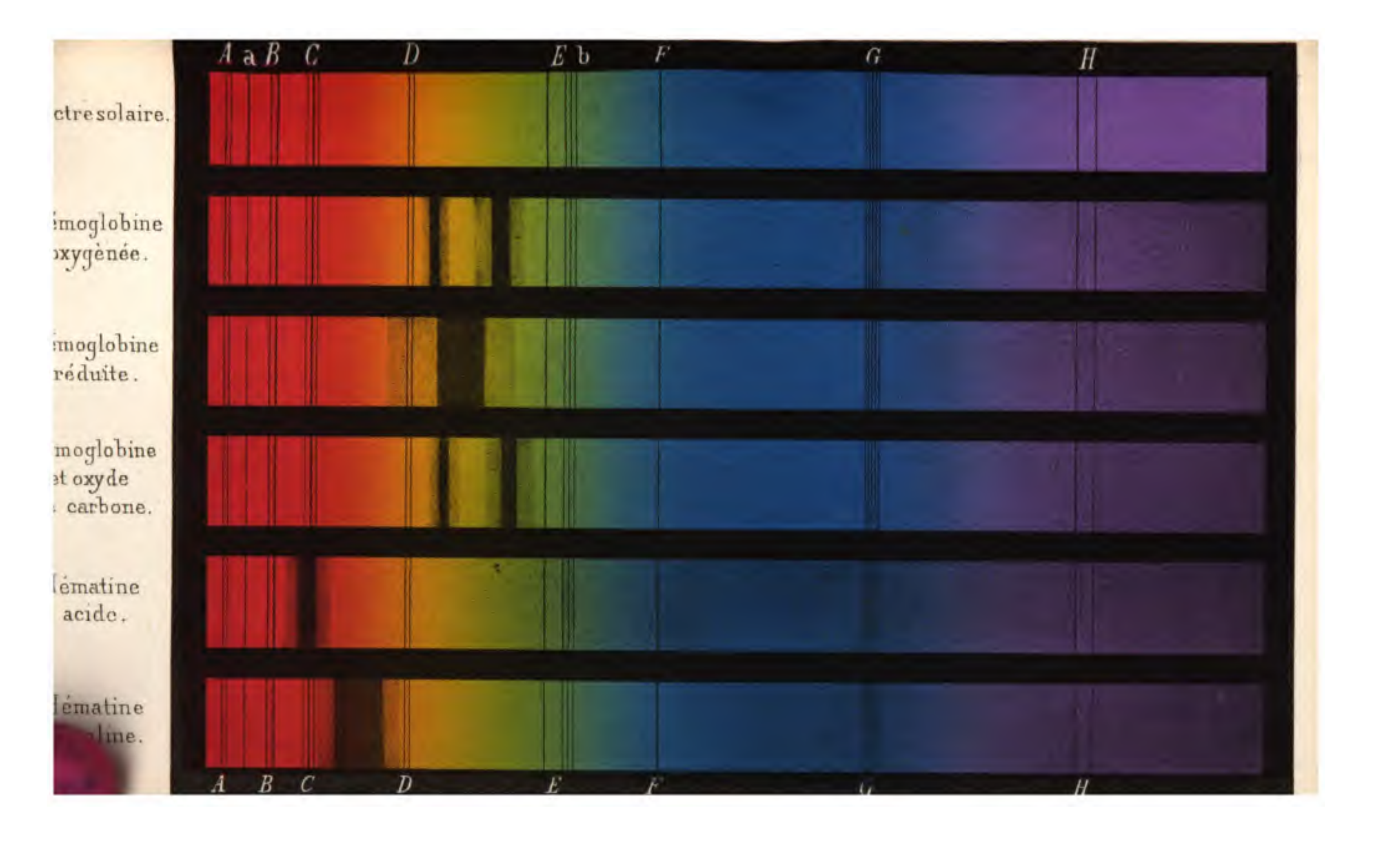
Page 107, ligne 9. *Au lieu de :* $C^2H^5AzO^2.HCl, P + Cl^2$,
lire : $2(C^2H^5AzO^2).2HCl, PtCl^4$.

Page 108, ligne 10. *Au lieu de :* de sel de baryte, *lire :* le sel de baryte.

Page 181, ligne 20. *Au lieu de :* l'ozone ⊕ et l'antozone ⊖,

lire : l'ozone ⊖ et l'antozone ⊕.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.


A a B C D E b F G H
ctre solaire.
moglobine
xygénée.
moglobine
réduite.
moglobine
et oxyde
carbone.
ématine
acide.
ématine
line.
A B C D E F H





